

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**

**ORÉGANO (*Origanum vulgare*) EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS
DE CARNE SIN ANTIBIÓTICO PROMOTOR DEL CRECIMIENTO**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

WILSON ZEÑA SEGURA

Lambayeque

PERÚ

2018

**Orégano (*Origanum vulgare*) en la alimentación de pollos de carne sin
antibiótico promotor del crecimiento**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

WILSON ZEÑA SEGURA

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

Ing. Enrique Gilberto Lozano Alva, M. Sc.
Presidente

Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M. Sc.
Secretario

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. C.
Vocal

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C.
Patrocinador

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo:

A mis padres, WILSON y ZOILA, quienes siempre me alentaron para continuar estudiando.

A mi esposa, MARGARITA, que supo estar conmigo en todo momento; apoyándome y ni permitiendo que me rindiera.

A mis hijos, ENZO y LUCIANO, por haber sacrificado el tiempo que debí brindarles.

A mis hermanos, con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi Patrocinador, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C., por su decidido apoyo para que la investigación siguiera su curso y llegue a buen puerto.

A mis tíos y el resto de familiares, amigos, profesores, que me supieron inculcar la dedicación y pasión por mi carrera y que de una u otra forma siempre supieron apoyarme y se complacieron con mis logros.

INDICE

Nº Capítulo	Título del Capítulo	Nº Pág.
I	INTRODUCCIÓN	01
II	REVISIÓN DE LITERATURA	03
	2.1. El Pollo de Carne	03
	2.2. Nutraceuticos en la Producción del Pollo de Carne	08
	2.2.1. La acción nutraceutica	10
	2.3. El orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	17
III	MATERIAL Y MÉTODOS	20
	3.1. Localización y Duración	20
	3.2. Tratamientos Evaluados	20
	3.3. Material y Equipo Experimental	20
	3.3.1. Pollos	20
	3.3.2. Alimento	20
	3.3.3. Instalaciones y equipo	21
	3.4. Descripción de la Metodología	22
	3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis	22
	3.4.2. Técnicas experimentales	22
	3.4.3. Variables evaluadas	23
	3.4.4. Evaluación estadística	24
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
	4.1. Consumo de Alimento	25
	4.2. Peso e Incremento de Peso Vivo	27
	4.3. Conversión Alimenticia	31
	4.4. Mérito Económico	40
	4.5. Rendimiento de Carcasa y Aceptación de la Carne	42
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
VI	RESUMEN	46
VII	BIBLIOGRAFÍA CITADA	47
VIII	APÉNDICE	53

ÍNDICE DE TABLAS

N° Tabla	Título de la Tabla	N° Pág.
3.1.	Fórmulas de las raciones empleadas en las etapas de crianza (Kg.)	21
3.2.	Análisis proximal (%) y energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas	21
3.3.	Esquema del análisis de la varianza del DCA con sub-muestreo	24
4.1.	Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento	25
4.2.	Incremento de peso vivo, promedio por pollo por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento	27
4.3.	Conversión alimenticia, promedio por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento	32
4.4.	Mérito económico, promedio por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento	40
4.5.	Rendimiento de carcasa y percepción sensorial de la carne de pollos que recibieron orégano en el alimento	42
1A.	Determinación de homocedasticidad con el consumo de alimento (Levene)	53
2A.	Análisis de varianza con el consumo de alimento	53
3A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Pre-Inicio (Levene)	57
4A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Inicio (Levene)	57
5A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Crecimiento (Levene)	57
6A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Engorde (Levene)	58
7A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Acabado (Levene)	58
8A.	Determinación de homocedasticidad con el incremento acumulado de peso (Levene)	58
9A.	Análisis de varianza para el incremento de peso en el Pre-Inicio	59
10A.	Análisis de varianza para el incremento de peso en el Inicio	59
11A.	Análisis de varianza para el incremento de peso en el Crecimiento	59
12A.	Análisis de varianza para el incremento de peso en el Engorde	59
13A.	Análisis de varianza para el incremento de peso en el Acabado	60
14A.	Análisis de varianza para el incremento acumulado de peso	60
15A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio (Levene)	63
16A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Inicio (Levene)	63
17A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Crecimiento (Levene)	64
18A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Engorde (Levene)	64
19A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia	

	en el Acabado (Levene)	64
20A.	Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia acumulada (Levene)	65
21A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio	65
22A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Inicio	65
23A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Crecimiento	65
24A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Engorde	65
25A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Acabado	66
26A.	Análisis de la varianza con la conversión alimenticia acumulada	66
27A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Pre-Inicio (Levene)	69
28A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Inicio (Levene)	69
29A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Crecimiento (Levene)	70
30A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Engorde (Levene)	70
31A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Acabado (Levene)	70
32A.	Determinación de homocedasticidad con el mérito económico acumulado (Levene)	70
33A.	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Pre-Inicio	71
34A.	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Inicio	71
35A.	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Crecimiento	71
36A.	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Engorde	71
37A.	Análisis de la varianza con el mérito económico en el Acabado	71
38A.	Análisis de la varianza con el mérito económico acumulado	72
39A.	Determinación de homocedasticidad con el peso de carcasa (Levene)	73
40A.	Determinación de homocedasticidad con el rendimiento de carcasa (Levene)	73
41A.	Análisis de varianza con el peso de carcasa	74
42A.	Análisis de varianza con el rendimiento de carcasa	74
43A.	Determinación de homocedasticidad con el grado de aceptación de la carne (Levene)	74
44A.	Análisis de varianza con el grado de aceptación de la carne	74

ÍNDICE DE FIGURAS

N° Figura	Título de la Figura	N° Pág.
2.1.	Localizaciones y mecanismos en la célula bacteriana que se consideran lugares de acción para los componentes de los AE: degradación de la pared celular; daño a la membrana citoplasmática; daño a las proteínas de la membrana; fuga de contenidos celulares; coagulación de citoplasma; y agotamiento de la fuerza motriz de protones.	11
4.1.	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento	26
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Pre-Inicio	28
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Inicio	28
4.4.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Crecimiento	29
4.5.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Engorde	29
4.6.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Acabado	30
4.7.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo acumulado	30
4.8.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Pre-Inicio	32
4.9.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Inicio	33
4.10.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Crecimiento	33
4.11.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Engorde	34
4.12.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Acabado	34
4.13.	Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia acumulada	35
4.14.	Comparativo porcentual entre tratamientos para el mérito económico acumulado	41
1A.	Determinación de normalidad (K-S) con el consumo de alimento	53
2A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Pre-Inicio	54
3A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Inicio	54
4A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Crecimiento	55
5A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Engorde	55
6A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Acabado	56
7A.	Determinación de normalidad (K-S) con el incremento acumulado de peso	56
8A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio	60

9A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Inicio	61
10A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Crecimiento	61
11A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Engorde	62
12A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Acabado	62
13A.	Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia acumulada	63
14A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Pre-Inicio	66
15A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Inicio	67
16A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Crecimiento	67
17A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Engorde	68
18A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Acabado	68
19A.	Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico acumulado	69
20A.	Determinación de normalidad (K-S) con el peso de carcasa	72
21A.	Determinación de normalidad (K-S) con el rendimiento de carcasa	73
22A.	Determinación de normalidad (K-S) con el grado de aceptación de la carne	74

I. INTRODUCCIÓN

El permanente desafío de la industria avícola consiste en mejorar los índices productivos, asegurando con ello la eficiencia y la rentabilidad; por lo que la explotación animal competitiva se caracteriza por una alta intensidad productiva que desencadena situaciones estresantes durante el proceso productivo, estas pueden potenciar mayor incidencia de enfermedades y disminución en la producción (Ayala *et al.*, 2006). Para mitigar o prevenir esta situación, dentro de las medidas tomadas se encuentra el uso de aditivos antimicrobianos, los que son utilizados desde la década de los 50, como promotores de crecimiento, y se constituyeron en una herramienta importante al propiciar una producción adecuada a los animales criados en condiciones cada vez más intensivas; la mejora en el desempeño de los animales es atribuida a la acción de estos aditivos sobre la microflora intestinal (Parrado *et al.*, 2006). El uso de antibióticos promotores de crecimiento (APC) se convirtió en un tema polémico en todo el mundo, por la incidencia en la generación de resistencias microbianas que podrían ser transmitidas al hombre y tener efecto negativo en la salud pública; así, la OMS sugirió la prohibición y retiro del mercado mundial de los APC en la alimentación animal (WHO, 2008).

Existe un creciente interés en investigar alternativas naturales que reemplacen a los APC, tales como enzimas, prebióticos, probióticos, extractos de vegetales (romero, orégano, tomillo, etc.), aditivos fitogénicos, acidificantes, etc., los que pueden limitar a las bacterias patógenas, atrapar radicales libres, mejorar la capacidad de absorción del intestino y el rendimiento productivo (Carro y Ranilla, 2002). Una de las alternativas fitogénicas es la utilización del orégano; en el que se destacan acciones digestivas, bacteriostáticas y antioxidativas que se han evidenciado en distintos trabajos de investigación (Ayala *et al.*, 2006). Siendo necesario evaluarlo para determinar el grado

de su efecto no sólo sobre el rendimiento sino, también, sobre algunas características de la carne, como es el caso de la aceptación.

Definiendo al rendimiento como el incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico y rendimiento de carcasa, y existiendo en el mercado disponibilidad de orégano es pertinente preguntar: ¿podrá evaluarse y explicarse el rendimiento de los pollos de carne con utilización de orégano en la dieta, sin emplear APC?

Se asumió, en consecuencia, la siguiente hipótesis: La utilización de orégano en la dieta, sin APC, de pollos de carne permitirá evaluar su efecto sobre diferentes indicadores del rendimiento a través de un ensayo de alimentación.

Se propuso los siguiente objetivos:

1. Determinar y evaluar el consumo de alimento;
2. Determinar y evaluar los incrementos de peso;
3. Determinar y evaluar la eficiencia técnica de utilización del alimento para incrementar peso vivo;
4. Determinar y evaluar la eficiencia económica del alimento para incrementar peso vivo;
5. Determinar y evaluar el peso y rendimiento de carcasa;
6. Determinar y evaluar el grado de aceptación de la carne.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Para la sustentación de la acción de los principios nutricionales o coadyuvantes en el proceso nutricional es necesario conocer el organismo sobre el cual se desea que ejerzan su acción. En el caso de la presente investigación se trata del pollo de carne en sus diferentes edades, ya que se trata de un animal de interés zootécnico que se cría sólo en unas cuantas semanas de vida, todas ellas son de suma importancia para lograr maximizar la producción.

2.1. El Pollo de Carne

En el desarrollo del embrión de las aves, la única fuente de energía proviene del vitelo (yema). En el pollo recién nacido, el veinte por ciento del peso corporal está constituido por el vitelo, que lo provee de energía inmediatamente después de la eclosión. Normalmente los pollitos buscan e ingieren alimento después de la eclosión y el crecimiento se inicia, aproximadamente, 24 horas después de iniciada la ingestión de alimento (Romanoff, 1960).

Bajo condiciones prácticas, muchas aves no tienen acceso al alimento hasta las 36 a 48 horas después del nacimiento y, durante este tiempo, disminuye el peso corporal. En pollos que habían sido sometidos a la extracción del saco vitelino al nacimiento y tuvieron acceso al alimento empezaron a crecer al cuarto día con una tasa de crecimiento paralela a la de los animales intactos. Varios autores han sugerido que la yema es utilizada para el mantenimiento, en tanto que la energía exógena es utilizada para el crecimiento, aunque los estudios realizados con la extracción del saco vitelino parecen contradecir esta opinión (Anthony *et al.*, 1989; Murakami *et al.*, 1992; Noy y Sklan, 1998; Uni *et al.*, 1998).

Según diferentes investigadores, las aves experimentan adaptaciones metabólicas en tanto que se van desplazando de la dependencia de la yema hacia el

alimento de origen exógeno. Los enzimas de origen pancreático y del ribete de cepillo deben estar disponibles en cantidades suficientes para la digestión y, además, para los procesos de captación necesarios para transferir las cantidades requeridas de nutrientes. La presencia de enzimas pancreáticos se ha determinado en el intestino durante el último estado embrionario; sin embargo, muy pocos estudios han realizado la determinación cuantitativa en el intestino inmediatamente después del nacimiento. A partir del cuarto día, la secreción de enzimas pancreáticos por gramo de alimento ingerido cambia poco con la edad y la digestión del almidón, proteína y grasa en el cuarto día fue de 85, 78 y 87%, respectivamente. Así mismo, estudios *in vitro* e *in situ* han sugerido que al nacimiento el intestino tiene un exceso de capacidad de absorción para glucosa, metionina y ácido oleico; sin embargo, la absorción *in vivo* no ha sido determinada cerca del nacimiento (Marchaim y Kulka, 1967; Noy y Sklan, 1995; Uni *et al.*, 1996; Noy y Sklan, 1998).

Noy y Sklan (1999) examinaron los cambios en el peso y composición corporal de pollos broiler bajo dos condiciones, aquellos que inmediatamente habían tenido acceso al alimento y al agua y aquellos que no habían sido alimentados por 48 horas después del nacimiento. Los pollos sin acceso al alimento disminuyeron el peso corporal en 7.8% en las 48 horas después del nacimiento, lo que fue equivalente a 5.3 kcal/ 45 g de pollo/ día. Sin embargo, durante este período el intestino delgado incrementó en peso y contenido de proteína en 80% o más. La disminución en grasa y proteína de la yema podría dar cuenta de muchos de los cambios en la composición del cuerpo en los pollos privados de alimentos. En cambio, los pollos alimentados crecieron 5 g y utilizaron 4.5 kcal/ día para el mantenimiento; durante este período el intestino delgado incremento en 110% de peso. La absorción de los ácidos grasos fue más de 80% al nacimiento y fue más alta que la de glucosa y metionina. La absorción de todos

los componentes evaluados incrementó con la edad y fue más de 80% en el día 4. Las determinaciones de captación duodenal *in situ* de pollitos en incubación indicó que la captación de ácido oleico fue más alta desde la yema y soluciones salinas en comparación con glucosa y metionina, las que exhibieron baja captación desde la yema pero más alta desde soluciones salinas. Los estudios indican que, aunque el intestino delgado tiene la capacidad para absorber carbohidratos y aminoácidos al nacimiento, la captación puede depender del desarrollo de condiciones adecuadas, incluyendo suficientes enzimas pancreáticas y del ribete de cepillo del epitelio intestinal para la digestión y adecuado sodio para la función de co-transportadores glucosa-sodio.

Diferentes reportes (Leibach y Ganapathy, 1996; Matthews *et al.*, 1996; Pan *et al.*, 1997; Chen *et al.*, 1999; Gal-Garber y Uni, 2000; Chen *et al.*, 2002; Kanai y Hediger, 2004; Palacin y Kanai, 2004; Verrey *et al.*, 2004) indican que en el intestino delgado, la digestión final y la absorción de los nutrientes dietéticos ocurre a través de enzimas digestivos y proteínas transportadoras expresadas en la membrana apical de los enterocitos. Los aminoácidos son transportados al interior del enterocitos como di o tri-péptidos por el péptido transportador 1 H⁺-dependiente (PepT1) o como aminoácidos libres por una variedad de diferentes transportadores de aminoácidos que varían en especificidad de sustrato. Se ha sugerido que, desde una perspectiva nutricional, el transporte de péptidos mediante PepT1 es importante en pollos, vacas, cerdos y ovinos. Se conoce menos acerca del transporte de aminoácidos libres en ganado y aves.

El proceso de absorción de los carbohidratos dietéticos en el intestino delgado ocurre a través de la acción de proteínas transportadoras facilitadas y Na⁺-dependientes en el enterocito. La glucosa y galactosa son transportadas al interior de la célula por el transportador Na⁺-dependiente SGLT1, en tanto que la fructosa ingresa a través de GLUT5 mediante difusión facilitada. La salida de monosacáridos de la célula es

mediada por GLUT2 mediante difusión facilitada (Thorens, 1996; Ferraris, 2001; Uldry y Thorens, 2004; Wright y Turk, 2004). También se ha indicado que la absorción de carbohidratos, desde el lumen intestinal, es crítica para el mantenimiento del suministro de energía en los animales y es influenciada por la digestión en el lumen, digestión de la membrana apical y el transporte al interior del enterocito por SGLT1. En pollos de la línea Leghorn Blanca se ha encontrado que el ARNm y la proteína SGLT1 declinaron con la edad después del nacimiento, acompañando la declinación descrita en la actividad del transporte de azúcar; también se ha observado niveles bajos de ARNm de SGLT1 al nacimiento seguidos de un ligero incremento hasta el día 7. Otros han demostrado que la captación de glucosa fue baja justo después del nacimiento e incrementó lentamente con la edad, sugiriendo que el transporte puede ser un factor limitante en la asimilación de glucosa durante el período temprano post-nacimiento, posiblemente debido a la presencia de yema hidrofóbica en el lumen al nacimiento y bajas concentraciones de sodio en el lumen. Resulta evidente que el entendimiento de la regulación genética del transporte de azúcar es importante para la elucidación de los mecanismos que facilitan los cambios en la tasas de captación de nutrientes (Noy y Sklan, 1999; Sulistiyanto *et al.*, 1999; Ferraris, 2001; Barfull *et al.*, 2002; Sklan *et al.*, 2003).

Entre los factores importantes que pueden influir en los requerimientos de nutrientes de los pollos se encuentra la genética, incluyendo los requerimientos de Arginina en pollos White Leghorn y de proteína para producción de huevos en ponedoras. De lo que se deduce que la variación genética en los requerimientos de nutrientes puede atribuirse a capacidades digestivas y de absorción a nivel intestinal y utilización post-absorción de nutrientes y estas diferencias pueden ser muy significativas durante los primeros días de vida. Se han observado diferencias en la

digestión del almidón entre dos líneas de broilers entre los días 4 y 14 después del nacimiento. La digestión del almidón en los pollos pesados (Arbor Acres) fue de 90 a 95% desde el día 4 al 14, en tanto que en los pollos ligeros (Lohman) incrementó de 80% en el día 4 a 93% en el día 14 (Harms y Waldroup, 1962; Nesheim y Hutt, 1962; NRC, 1975; Uni *et al.*, 1995).

Las condiciones nutricionales al inicio del período post-nacimiento puede tener un impacto muy grande sobre el rendimiento general y las deficiencias de nutrientes durante los primeros pocos días después del nacimiento deprimen el desarrollo de la mucosa y comprometen la función inmune. Aunque la absorción intestinal de nutrientes puede ser de mínima significancia *in ovo*, las funciones de digestión y absorción se establecen antes del inicio de la alimentación exógena para preparar al pollo. En los embriones al día 16 hasta el día de eclosión hubo un incremento de 14 a 50 veces en los niveles de ARNm de PepT1. Similarmente, se ha observado que la expresión intestinal de ARNm de aminopeptidasa, adenosin trifosfatasa, maltasa y SGLT1 incrementó de 9 a 25 veces desde el día 15 de incubación hasta el día 19 en los embriones (Lilja, 1983; Casteel *et al.*, 1994; Uni *et al.*, 1998; Geyra *et al.*, 2001; Sklan, 2001; Uni *et al.*, 2003; Chen *et al.*, 2005).

Así, un mayor entendimiento de la influencia tanto de la genética como del desarrollo sobre la expresión de los transportadores de nutrientes puede facilitar la obtención de mejoras en el rendimiento del crecimiento mediante la manipulación dietética para tomar ventaja de la expresión diferencial de los genes. Adicionalmente, para reducir el costo de la proteína suministrada en la dieta y para reducir el exceso de excreción de nitrógeno en el ambiente, es necesario un mayor entendimiento de la absorción de aminoácidos en los pollos (Gilbert *et al.*, 2007).

2.2. Nutracéuticos en la Producción del Pollo de Carne

Según del Toro (2016), el término nutracéutico surgió por primera vez en humanos por el Dr. Stephen De Felice, presidente de la Fundación para la Innovación en Medicina (Foundation for Innovation in Medicine, FIM), en el año 1989. Los definió como alimentos o aditivos de origen natural con propiedades biológicas activas que proporcionan beneficios médicos para la salud, lo que incluye la prevención y/ o tratamiento de enfermedades. La misma fuente indica que, en contraste a los fármacos, los nutracéuticos no son sustancias o compuestos químicos sintetizados, o asociados con deficiencias en las dietas. Sin embargo, son compuestos que contienen nutrientes (particularmente en forma concentrada) y son asociados a la categoría de alimentos con la prevención y o tratamiento de enfermedades. En algunos casos son utilizados como aditivos de alimentos y son, por lo tanto, agregados en productos que inicialmente no lo contenían. Los suplementos o aditivos dietéticos son un típico ejemplo de nutracéuticos.

Aún existe gran debate entre los investigadores de la comunidad científica, porque su concepto redefine las líneas divisorias tradicionales entre los alimentos y los medicamentos. Además, de la actividad antimicrobiana, suelen poseer otras actividades biológicas beneficiosas, que, por su acción sobre el sistema enzimático, mejoran el apetito y optimizan la absorción de nutrientes. Así, poseen poder antiinflamatorio, inmunomoduladores, espasmolíticas y sedantes. Dentro de los mecanismos de acción, se pueden citar: disminución de la oxidación de los aminoácidos, ejercen una acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos intestinales y favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, aumentan la palatabilidad de los alimentos, estimulan su ingestión, y mejoran el estado inmunológico (del Toro, 2016).

Aroche (2015) considera que, los esfuerzos por desarrollar promotores de crecimiento alternativos aumentan cada día. En el mundo se estudian los ácidos

orgánicos, aditivos fitogénicos, probióticos y prebióticos; indica el autor que, específicamente en Cuba, se han trabajado con fuerza las zeolitas naturales, minerales que incrementan la eficiencia de la utilización de los nutrientes proteicos, protegen a los animales del efecto de las mico-toxinas y actúan positivamente frente algunos tipos de diarreas, siendo una alternativa viable para sustituir la terapia antibiótica. Así mismo, la fuente citada indica que los aditivos de plantas se consideran una alternativa para sustituir los antibióticos, desde el punto de vista técnico, económico y biológico, por la seguridad de su inclusión y su nula residualidad; mencionando que, la premisa futura de los investigadores es obtener alternativas naturales para contrarrestar el uso indiscriminado de los antibióticos como preventivos en las aves y cerdos. Se han reportado muchos beneficios de los polvos de plantas medicinales, como el incremento de la digestibilidad de nutrientes, la estabilidad inmunológica, la exclusión competitiva de microorganismos y la salud intestinal en aves aparentemente normales y expuestas a diferentes.

Así mismo, también se ha considerado la denominación de “alimentos funcionales” para estos mismos insumos alimenticios; desde la antigüedad muchos productos han sido utilizados como alimentos y como medicina, tales como el jengibre, la menta, el ajo, el azafrán. La filosofía del "alimento como medicina" es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales (Hassler, 1996). Un alimento puede ser considerado funcional si logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, mejora el estado de salud y de bienestar o bien reduce el riesgo de una enfermedad, más allá de los efectos nutricionales habituales. Es importante tener en consideración que el concepto de alimentos funcionales surgió para los humanos.

2.2.1. La acción nutracéutica

Los nutracéuticos, como ya se ha indicado, surgen como alternativa al uso de los productos farmacéuticos (APC, principalmente) empleados en la alimentación animal; el factor detonante para la prohibición de los APC en el mundo desarrollado (en progreso en el subdesarrollado) es el incremento en la resistencia de los patógenos a los antibióticos. Aun cuando todavía se sostiene que no se ha podido demostrar que la resistencia se deba al empleo en la alimentación animal y que buena parte de ella se deba al mal uso (auto medicación) que los humanos hacen de los medicamentos, lo cierto es que miles de toneladas de antibióticos se han venido empleando en la alimentación de los animales de interés zootécnico sin tener en cuenta las condiciones de explotación de los animales o el porque los antibióticos han sido exitosos en la promoción del rendimiento.

La base teórica para la utilización del orégano en la dieta de los pollos de carne se centra en la acción antibacteriana, antioxidante, inmuno-estimulante, etc., de los principios contenidos en el.

La acción antimicrobiana del orégano se sostiene en su composición de aceites esenciales, entre los que predominan el timol y el carvacrol; según Burt (2004), al considerar la gran cantidad de diferentes grupos de compuestos químicos presentes en los aceites esenciales (AE), lo más probable es que su actividad antibacteriana no sea atribuible solo a un mecanismo específico sino que hayan varios objetivos en la célula. La autora citada resume la acción antibacteriana en la siguiente Figura N° 2.1., en la que muestra las ubicaciones o mecanismos en la célula bacteriana en los que actuarían los AE; indicando que ninguno de estos mecanismos constituyen objetivos separados, algunos son afectados como consecuencia de otro mecanismo que está siendo dirigido.

Así mismo, menciona que una característica importante de los AE y sus componentes es su hidro-fobicidad, lo que les permite crear particiones en los lípidos de la membrana celular y mitocondrias de la bacteria, alterando las estructuras y tornándolas más permeables. Puede ocurrir fuga de iones y otros contenidos celulares. Aunque una cierta cantidad de fuga de las células bacterianas puede tolerarse sin ocasionar pérdida de viabilidad, las pérdidas extensivas de los contenidos celulares o la salida de iones y moléculas críticos puede conducir a la muerte; existen alguna evidencia de algunos estudios con aceite de té y *E. coli* en los que se ha indicado que puede ocurrir la muerte antes de la lisis.

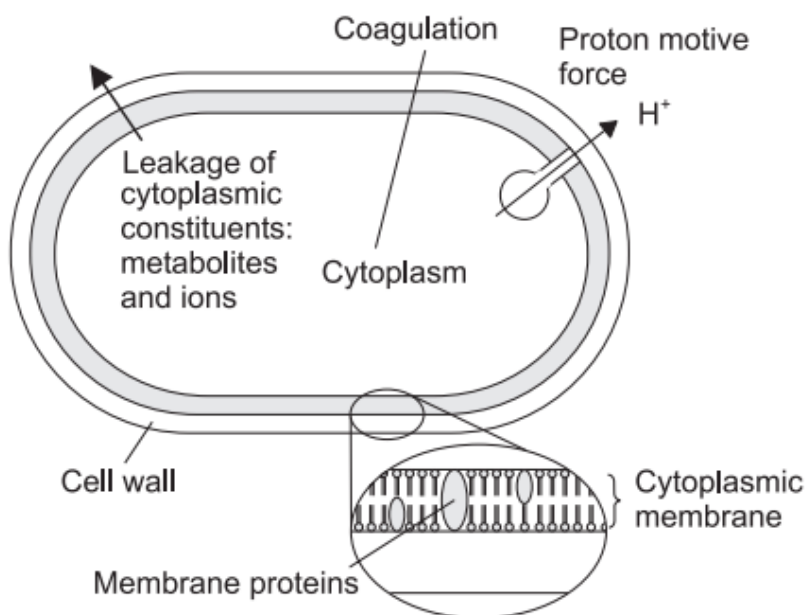


Figura N° 2.1. Localizaciones y mecanismos en la célula bacteriana que se consideran lugares de acción para los componentes de los AE: degradación de la pared celular; daño a la membrana citoplasmática; daño a las proteínas de la membrana; fuga de contenidos celulares; coagulación de citoplasma; y agotamiento de la fuerza motriz de protones.

Fuente: Burt (2004).

Generalmente los AE están provistos de fuertes propiedades antibacterianas contra los patógenos transmitidos a través de los alimentos, contienen un alto porcentaje de compuestos fenólicos tales como el carvacrol, eugenol (2-metoxi-4-(2-propenil) fenol) y timol. Parece razonable que sus mecanismos de acción sean, por lo tanto,

similares a otros compuestos fenólicos; entre ellos se tienen las alteraciones de la membrana citoplasmática, perturbación de la fuerza motriz de protones, flujo de electrones, transporte activo y coagulación de los contenidos celulares.

La estructura química de los componentes individuales de los AE afecta su modo preciso de acción y actividad antibacteriana. Se ha confirmado, por ejemplo, la importancia de la presencia del grupo hidroxilo en compuestos fenólicos tales como carvacrol y timol. La posición relativa del grupo hidroxilo sobre el anillo fenólico no parece influir fuertemente el grado de actividad antibacteriana. Por ejemplo, la acción del timol contra *B. cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aureoginosa* parece comparable a la del carvacrol; sin embargo, un estudio se encontró que carvacrol y timol actuaron de manera diferente contra especies gram-positivas y gram-negativas. La significancia del anillo fenólico en sí mismo (electrones desestabilizados) se demostró por la escasez de actividad del mentol comparado con carvacrol. En un estudio la adición de una mitad acetato a la molécula pareció incrementar la actividad antibacteriana, el acetato de geranilo fue más activo contra una variedad de especies gram-positivas y negativas que el geraniol. En lo que a los componentes no fenólicos de los AE se refiere, se ha encontrado que el tipo de grupo álcali influencia la actividad (alquenilo>alquilo); por ejemplo, el limoneno (1-metil-4-(1-metile-tenilo)-ciclohexano) es más activo que el *p*-cimeno.

Los componentes de los AE también parecen actuar sobre las proteínas celulares incrustándose en la membrana citoplasmática. Se sabe que enzimas, tales como las ATPasas, se localizan en la membrana citoplasmática y son rodeadas por moléculas lipídicas. Se han sugerido dos mecanismos posibles mediante los que los hidrocarburos cíclicos podrían actuar sobre estas. Las moléculas hidrocarbonados lipofílicas se acumularían en la bicapa lipídica y distorsionan la interacción lípido-proteína;

alternativamente, es posible la interacción directa de los compuestos lipofílicos con partes hidrofóbicas de la proteína. Se ha encontrado que algunos AE estimulan el crecimiento de pseudo micelios (una serie de células adheridas de extremo a extremo como resultado de la separación incompleta de células recién formadas) en ciertas levaduras. Esto podría ser una indicación de que los AE actúan sobre los enzimas involucrándose en la regulación de la energía o en la síntesis de componentes estructurales. Se ha mostrado que el aceite de canela y sus componentes inhiben las descarboxilasas de aminoácidos en *Enterobacter aerogenes*. Se pensó que el mecanismo de acción era la unión de proteínas. También se han obtenido indicaciones de estudios en los que se usó leche que contenía diferentes niveles de proteína que los componentes de los AE pueden actuar sobre proteínas.

Para mayor información al respecto sobre la acción antibacteriana de los AE puede consultarse a Burt (2004); sin embargo, otra excelente revisión sobre los efectos biológicos de los aceites esenciales ha sido publicada por Bakkali *et al.* (2008).

Con relación a la acción antioxidante, según Dasgupta y Klein (2014), la “paradoja del oxígeno” se define por el hecho de que los organismos aeróbicos requieren de oxígeno para sobrevivir pero este elemento es, también, inherentemente tóxico para ellos debido a su asociación con la generación de radicales libres y estrés oxidativo. Varios radicales libres son productos comunes de la respiración y de otras reacciones bioquímicas en las células que son procesos fisiológicos normales y esenciales para la sobrevivencia. Los autores mencionan que para sobrevivir en un ambiente aeróbico no amigable, los organismos vivos generan antioxidantes solubles en agua y en lípidos que pueden neutralizar a estos radicales libres altamente reactivos. Así, para vivir saludablemente debe mantenerse un delicado balance entre el estrés oxidativo y la defensa antioxidante del cuerpo. Si el mecanismo anti oxidativo del

cuerpo no opera en forma óptima, el exceso de radicales libres puede dañar varias biomoléculas, incluyendo lípidos, proteína, carbohidratos y ácidos nucleicos.

Los mismos autores (Dasgupta y Klein, op. cit.) definen a un radical libre como un átomo o molécula que contiene uno o más electrones no emparejados que son capaces de una existencia libre. Los autores agregan que estos radicales pueden ser generados como productos de reacciones homolíticas, heterolíticas o redox y, usualmente, están constituidos de especies oxígeno-reactivas o nitrógeno-reactivas. Las especies oxígeno reactivas incluyen radicales libres portadores de oxígeno así como a otras especies oxígeno reactivas tales como el peróxido de hidrógeno, el que no es un radical libre. Similarmente, las especies nitrógeno reactivas incluyen a tanto a radicales libres que contienen nitrógeno como a otras moléculas reactivas en las que el centro de reactividad es el nitrógeno. Sin embargo, bajo condiciones de equilibrio, los radicales libres participan en acciones benéficas para el organismo. Pero debe reconocerse que las situaciones de desequilibrio predominan frente a las de equilibrio, por lo que debe considerarse el reconocimiento y aplicación de estrategias de defensa frente al daño que puede ocasionar el estrés oxidativo.

La defensa anti oxidativa del organismo consiste tanto de compuestos endógenos como de exógenos, derivados de la dieta; los que se pueden clasificar en tres grandes categorías: enzimas antioxidantes, antioxidantes de rotura de cadena y proteínas que ligan metales. Los enzimas antioxidantes principales son la súper óxido dismutasa (SOD), catalasa y peroxidasas, las que son de origen endógeno. Los antioxidantes que interfieren con las reacciones en cadena iniciadas por los radicales libres se conocen como antioxidantes de rotura de cadena, son pequeñas moléculas que pueden ser solubles tanto en agua como lípidos; algunos de éstos derivan de la dieta, como los carotenoides, flavonoides y vitaminas antioxidantes. Las proteínas endógenas, tales

como la ferritina, transferrina y ceruloplasmina también son importantes proteínas antioxidantes porque son capaces de ligar iones metales como cobre y hierro de manera que no se generen radicales libres mediante la reacción de Fenton. Generalmente los enzimas antioxidantes proveen la más fuerte defensa antioxidante, aunque todos los antioxidantes son importantes para la apropiada neutralización del estrés oxidativo (Dasgupta y Klein, op. cit.)

Los antioxidantes de rotura de cadena son pequeñas moléculas capaces de neutralizar radicales libres mediante la rotura de la cadena de reacciones iniciada por tales radicales libres; estos antioxidantes pueden ser tanto de origen endógeno como exógeno. El ejemplo clásico de la reacción en cadena iniciada por los radicales libres es la per-oxidación lipídica. Los antioxidantes de rotura de cadena actúan ya sea donando un electrón o recibiendo uno de alguna especie de radical libre, convirtiéndola así en una especie estable. Estos antioxidantes pueden ser clasificados en dos amplias categorías: solubles en agua y solubles en grasa. El más importante antioxidante de rotura de cadena soluble en agua es la vitamina C, la que también se conoce como ácido ascórbico.

El más importante antioxidante de rotura de cadena soluble en grasa es la vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles), que existe en ocho estados diferentes. Sin embargo, el α -tocoferol, la forma común de la vitamina E, es muy eficiente para romper la cadena de reacciones de la per-oxidación lipídica. Los carotenoides también son importantes antioxidantes liposolubles y la forma más común es el β -caroteno; estos antioxidantes también pueden neutralizar los per-oxi radicales así como al oxígeno suelto. Además, el β -caroteno es un precursor de la vitamina A, la que también tiene actividad antioxidante. Los flavonoides son antioxidantes que se encuentran en las plantas así como en verduras y frutas. Además, el té y el café pueden proveer suficientes

flavonoides para una adecuada defensa antioxidante. La forma reducida de la coenzima Q₁₀ (también conocida como ubiquinol-10) es un efectivo antioxidante de rompimiento de cadena liposoluble que es capaz de barrer radicales per-oxi-lípidos; es un efectivo antioxidante que previene la oxidación dañina del colesterol proveniente de lipoproteínas de baja densidad (Dasgupta y Klein, op. cit.)

Según Del Carpio y Del Carpio (2016), una pregunta pertinente es ¿por qué razón hay necesidad de incluir fuentes naturales de antioxidantes en los alimentos de animales de interés zootécnico? Como se ha indicado por diferentes investigadores, las condiciones de producción de los animales de interés zootécnico son propicias para que se produzcan situaciones de producción de radicales libres, sobre todo en animales que están obligados a consumir alimentos de cantidad y calidad elevadas. Esta situación ha sido reconocida para humanos y puede ser peor para animales de interés zootécnico, obligados a producir intensamente bajo condiciones muy diferentes a su estado natural. Otras preguntas pertinentes planteadas por los mismos autores son: ¿Qué principios están contenidos en especias, hierbas y verduras? ¿Por qué tienen que ser catalogadas como antioxidantes? ¿Poseen sólo una sustancia o varias? ¿Sólo son antioxidantes o disponen de otra u otras acciones benéficas para el organismo animal? ¿Existen otras especias, hierbas y verduras que puedan emplearse, con efectos benéficos, en la producción animal de interés zootécnico?

Efectivamente, tal como lo indican diferentes publicaciones, existen muchas especias y hierbas interesantes para la salud de los animales de interés zootécnico que pueden ayudar a que se alcance buena parte de su potencial productivo. Se ha indicado que la sola mención de antioxidantes naturales (AON) genera una asociación con especias y hierbas, las que pueden ser utilizadas (junto con sus extractos) como reemplazantes de los productos antioxidantes sintéticos.

2.3. El Orégano (*Origanum vulgare*)

El orégano es una planta aromática con una amplia distribución a través del área de influencia del mediterráneo; contiene moléculas que tienen bio-actividades intrínsecas sobre la fisiología y metabolismo animal y posee intensas actividades antimicrobiales, anti fungales y antioxidantes. En cerdos, se ha demostrado que reduce los desechos y el olor de las emisiones en las explotaciones intensivas. Su actividad es atribuida principalmente a sus componentes mayores carvacrol y timol, sustancias que modifican la permeabilidad de la membrana celular bacterial y reacciona con lípidos y radicales hidroxilos convirtiéndolos en productos estables. Aunque el orégano o sus aceites esenciales ya han sido usados con la intención de mejorar la cantidad y calidad de los productos de los animales, los resultados en aves aun son controversiales. Debido a la acción sobre la fisiología y metabolismo de los animales por parte del carvacrol y timol también se asume que ejercerían efectos benéficos, sobre todo antioxidantes sobre la carne cuando se suplementa a través de la dieta (Daouk *et al.*, 1995; Sivropoulou *et al.*, 1996; Yanishlieva *et al.*, 1999; Cervato *et al.*, 2000; Dorman y Deans, 2000; Lambert *et al.*, 2001; Yanishlieva, 2001; Ultee *et al.*, 2002; Varel, 2002; Young *et al.*, 2003; Botsoglou *et al.*, 2004, 2005; Giannenas *et al.*, 2005; Simitzis *et al.*, 2008; Reiner *et al.*, 2009).

Mathlouthi *et al.* (2011) realizaron un experimento para comparar las actividades de tres aceites esenciales (romero, orégano y una combinación comercial de aceites esenciales) contra bacterias patógenas y no patógenas *in vitro* y sobre el rendimiento de pollos de carne. Los resultados indicaron que el aceite esencial de romero tuvo actividad anti bacterial sólo contra tres bacterias patógenas (*Escherichia coli*, *Salmonella indiana* y *Listeria innocua*); el aceite esencial de orégano tuvo actividades antimicrobiales, además de las especies indicadas, sobre *Staphylococcus*

aureus y *Bacillus subtilis*. El aceite esencial de orégano tuvo mayor actividad antimicrobial que el de romero pero no presentaron sinergismo entre ellos. La mezcla comercial presentó una actividad antimicrobial incrementada contra todas las bacterias estudiadas (patógenas y no patógenas) excepto para *Lactobacillus rhamnosus*. La suplementación de la dieta basal con avilamicina o aceites esenciales mejoró el peso vivo, la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia en comparación con la dieta control. No hubo diferencias en el rendimiento entre todos los tratamientos. En general, lo autores manifestaron que los aceites esenciales pueden sustituir al antibiótico promotor del crecimiento.

Con la intención de mejorar el efecto negativo del estrés sobre las características de calidad de la carne, se alimentó a pollos con una dieta suplementada con una combinación de ácido ascórbico y α -tocoferol u orégano, con alto contenido de antioxidantes. El estrés dependió del sacrificio en la granja o después del transporte al camal. Las actividades de los enzimas anti oxidativos (catalasa, súper-óxido dismutasa y glutatión peroxidasa) en el pectoral mayor, ileotibial e hígado no fueron afectados por la suplementación. Sin embargo, la estabilidad de los eritrocitos, que es un sistema de modelación más complejo para determinar el estado oxidativo, incrementó con la suplementación de ácido ascórbico – α -tocoferol y tendió a incrementar después de la suplementación de orégano. En los pollos no estresados, este estado anti oxidativo mejorado se reflejó en la disminución de sustancias reactivas al sistema TBA en el pectoral mayor e hígado de los pollos suplementados con ácido ascórbico – α -tocoferol y, así mismo, en el hígado de los pollos suplementados con orégano en comparación con las aves control no estresadas. No obstante, la temperatura post mortem, pH y la capacidad de retención de agua no se afectaron por la suplementación. Las pérdidas por goteo de los pollos suplementados con orégano mostraron incremento en la oxidación

de proteína en bandas específicas, pero no se relacionó a la capacidad de retención de agua o al estado oxidativo. Cuando se expuso al estrés, las concentraciones de sustancias reactivas TBA en los animales control se incrementaron en el pectoral mayor e ileotibial. La combinación ácido ascórbico – α -tocoferol protegió al músculo ileotibial y la suplementación de orégano protegió al pectoral mayor de los incrementos en sustancias reactivas TBA inducidas por el estrés. Según los investigadores, este efecto diferencial entre músculos puede indicar diferencias en mecanismos de protección y concluyen que la suplementación ensayada protege contra las sustancias reactivas TBA inducidas por el estrés (Young *et al.*, 2003).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización y Duración

El presente ensayo se realizó en una crianza particular de la ciudad de Chiclayo, distrito y provincia del mismo nombre, región Lambayeque. La fase de campo tuvo una duración efectiva de seis semanas.

3.2. Tratamientos Evaluados

Se evaluó los siguientes:

T₁: Testigo con APC

T₂: Testigo sin APC

T₃: Dieta con 0.05% de orégano, sin APC

T₄: Dieta con 0.10% de orégano, sin APC

3.3. Material y Equipo Experimental

3.3.1. Pollos

Se empleó 160 pollitos Cobb 500 de un día de edad, de ambos sexos; provinieron de una planta incubadora de la ciudad de Trujillo.

3.3.2. Alimento

Se empleó raciones iso-energéticas e iso-proteicas para cubrir las necesidades nutritivas de los pollos en cada una de las siguientes fases progresivas: Pre-Inicio (7 días), Inicio (14 días), Crecimiento (7 días), Engorde (7 días) y Acabado (7 días).

En la Tabla 3.1. se presenta las fórmulas porcentuales para cada una de las fases indicadas para el testigo negativo (sin APC); en tanto que en la Tabla 3.2. se presenta los resultados obtenidos para el análisis proximal y el contenido de energía bruta. Para el caso del testigo positivo, se agregó APC y de los tratamientos 3 y 4 se puso orégano; en ambos casos se reemplazó por la misma proporción de maíz, las proporciones fueron pequeñas y no alteraron el balance energético-proteico.

Tabla 3.1.**Fórmulas de las raciones empleadas en las etapas de crianza (Kg.)**

Insumos	PI	I	C	E	A
Maíz	144.4	214.8	225.2	285.0	337.0
Arroz partido	150.0	100.0	100.0	48.25	---
Soja torta	135.8	129.0	117.0	117.0	99.00
Soja integral	30.01	29.73	28.44	16.00	29.17
Aceite palma	---	---	5.00	10.00	10.00
Carbonato Ca	5.22	2.85	2.85	2.68	4.20
Phosbic	10.94	7.27	6.57	6.07	5.50
Arroz polvillo	---	---	---	2.49	2.95
Hb bovina	6.00	5.00	3.00	2.00	2.00
Plasma bovino	6.00	---	---	---	---
Sal común	1.53	0.90	0.75	0.73	0.69
Premix*	10.06	10.48	11.17	9.78	9.36
TOTAL	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0

* Premix: combinación de productos vitamínicos, minerales, antioxidantes, acidificantes, atrapadores de mico-toxinas, coccidiostato, pigmentantes, APC, etc.

Tabla 3.2.**Análisis proximal (%) y energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas**

Componente	PI	I	C	E	A
Proteína (Nx6.25)	22.96	20.34	20.22	21.41	17.04
Fibra cruda	1.74	1.76	1.41	1.29	1.83
Cenizas	4.88	4.40	4.24	4.12	2.76
Extracto etéreo	2.61	3.66	4.88	5.05	4.84
Humedad	11.28	10.98	11.96	11.08	10.79
Nifex	56.53	58.86	57.29	57.05	62.74
Calcio	0.78	0.80	0.72	0.75	0.35
Fósforo	0.65	0.56	0.50	0.49	0.37
Energía bruta	4.50	4.54	4.63	4.68	4.81

* El análisis proximal se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de la firma Montana S. A., ubicado en la ciudad de Lima. La determinación de energía bruta se hizo por calorimetría en el laboratorio de nutrición de la UNTRM ubicado en la ciudad de Chachapoyas.

El orégano se adquirió en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo; se deshidrató y molió para ser incorporado a las raciones.

3.3.3. Instalaciones y equipo

- Corrales, hechos con malla de pesca y cascarilla de arroz como material de cama.
- Comederos tolva y bebederos de sifón.
- Balanza tipo reloj, con aproximación de 20 gramos, para pesar insumos.
- Balanza electrónica, con aproximación de 1 gramo, para pesar pollos.

- Cintas de plástico y plumones de tinta indeleble para identificación de pollos.
- Planillas de registro para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.
- Además del equipo y material típicos para la explotación avícola.

3.4. Descripción de la Metodología

3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis

Se consideró el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_1 : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

Las hipótesis se contrastaron mediante un Diseño Irrestrictamente al Azar con sub-muestreo; descrito por el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \xi_{ij} + \gamma_{ijk}$$

En el que:

Y_{ij} , es la variable a evaluar;

μ , es el verdadero efecto medio;

τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento;

ξ_{ij} , es el verdadero efecto del error experimental;

γ_{ijk} , es el verdadero efecto del error de muestreo.

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Ostle, 1979; Scheffler, 1982).

3.4.2. Técnicas experimentales

Las instalaciones se acondicionaron considerando una densidad de 6 pollos por metro cuadrado; en primer lugar, se hizo limpieza profunda y luego se procedió a desinfectar con amonio cuaternario y glutaraldehído. Se colocó cascarilla de arroz y se puso la manta arpillera para hacer el vacío sanitario hasta la llegada de los pollos. Para cada tratamiento se preparó cuatro corrales (dos para machos y dos para hembras), cada uno

con 10 pollos. Los pollitos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. Los pollitos fueron identificados con una banda plástica numerada y sujeta al tarso y se procedió a tomar y registrar el peso inicial y luego se pesaron al finalizar cada una de las fases.

El alimento se preparó con insumos de disponibilidad local y el proceso de mezclado fue progresivo (el orégano se combinó con los insumos menores de la fórmula en un kilo de maíz y, progresivamente, se fue incorporando el resto de insumos) para lograr la mayor homogeneidad posible. Se suministró en cantidades pesadas pero en cantidades suficiente para lograr consumo *ad libitum*, la cantidad consumida se determinó por diferencia entre lo ofrecido y el residuo.

Finalizado el proceso de crianza se tomó una muestra de cuatro pollos por tratamiento, los que se sacrificaron y se pesó la carcasa y se determinó el rendimiento; con una pechuga (al azar) de cada tratamiento se implementó una prueba de degustación para determinar el grado de aceptación de la carne, las pechugas fueron sancochadas en las mismas condiciones y sólo se les puso sal. La aceptación fue medida en una escala de 1 a 15, el menor valor indicó poca aceptación y, contrario senso, el mayor indicó mucha aceptación.

La crianza tuvo en consideración la aplicación de un programa sanitario basado en la bio-seguridad (no ingreso de personas ajenas al ensayo, programa estricto de vacunaciones, desinfección de calzado y ropa antes de ingresar a la zona de crianza, control de moscas, etc.)

3.4.3. Variables evaluadas

- Consumo de alimento
- Peso y cambios en el peso vivo

- Conversión alimenticia (kilos de alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado)
- Mérito económico (soles gastados en alimento por kilo de peso vivo incrementado)
- Rendimiento de carcasa [(kilos de carcasa/ kilos de peso vivo) x 100].
- Grado de aceptación de la carne (escala numérica de 1 a 15).

3.4.4. Evaluación estadística

Prueba de normalidad (Kolgomorov-Smirnov) y homocedasticidad (Levene) para aplicar el análisis de varianza (Tabla 3.3.); sólo cuando el valor de F fue significativo se aplicó la prueba de recorrido múltiple de Duncan para comparar los tratamientos.

Tabla 3.3.
Esquema del análisis de la varianza del DCA con sub-muestreo

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Media	Myy	1	M	T/ E
Tratamientos	Tyy	$t - 1 = 3$	T	
Error experimental	Eyy	$t(r-1) = 12$	E	
Error de muestreo	Syy	$tr(n-1) = 144$	S	
TOTAL	$\sum Y^2$	$trn = 160$		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consumo de Alimento

Los resultados relacionados con el consumo de alimento de pollos de carne que recibieron orégano a través de la dieta se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.

Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento

Aspectos	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pollos*	40	40	40	40
Días	42	42	42	42
APC	Sí	No	No	No
Orégano, %	No	No	0.05	0.1
Consumo total/ repetición, kg.	43.44 ^a	43.13 ^a	43.95 ^a	42.99 ^a
Consumo total/ pollo, kg.	5.110	4.793	4.884	4.777
Consumo promedio/ pollo/ día, g.	121.7	114.1	116.3	113.7

* Al finalizar cada fase productiva se fueron extrayendo pollos con fines de necropsia para otros estudios, al finalizar el ensayo quedaron 9 pollos en cada una de las repeticiones.

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P>0.05$).

La aplicación de la prueba de Kolgomorov-Smirnov (Figura 1A) determinó que la distribución de la información se ajustó a la normalidad y la de Levene indicó que las varianzas fueron homogéneas (Tabla 1A). El análisis de la varianza (Tabla 2A) mostró que las diferencias entre tratamientos, considerando las repeticiones, no alcanzaron significación estadística; sin embargo, al considerar el consumo promedio por pollo se pudo determinar que los tratamientos 2, 3 y 4 reperesentaron 93.8, 95.6 y 93.4%, respectivamente, con relación al tratamiento 1 (Testigo positivo, con APC), este comportamiento se ilustra en la Figura 4.1. Como se puede apreciar, los animales que recibieron APC consumieron más alimento que los de los tratamientos 2, 3 y 4 en 6.2, 4.4 y 6.6%, respectivamente; lo que indicaría que la presencia del APC estimuló el consumo de alimento, el hecho de que el tratamiento 2 (sin APC y sin orégano) también estuviese por debajo indica que no es la presencia de orégano la que ocasionó menor consumo de alimento. Una de las razones para utilizar el APC radicaba en que promovía mayor consumo de alimento y, en consecuencia, mayores incrementos de peso; sin

embargo, no es indicativo de mayor eficiencia, la que es indicada por mayores incrementos pero con menor consumo.

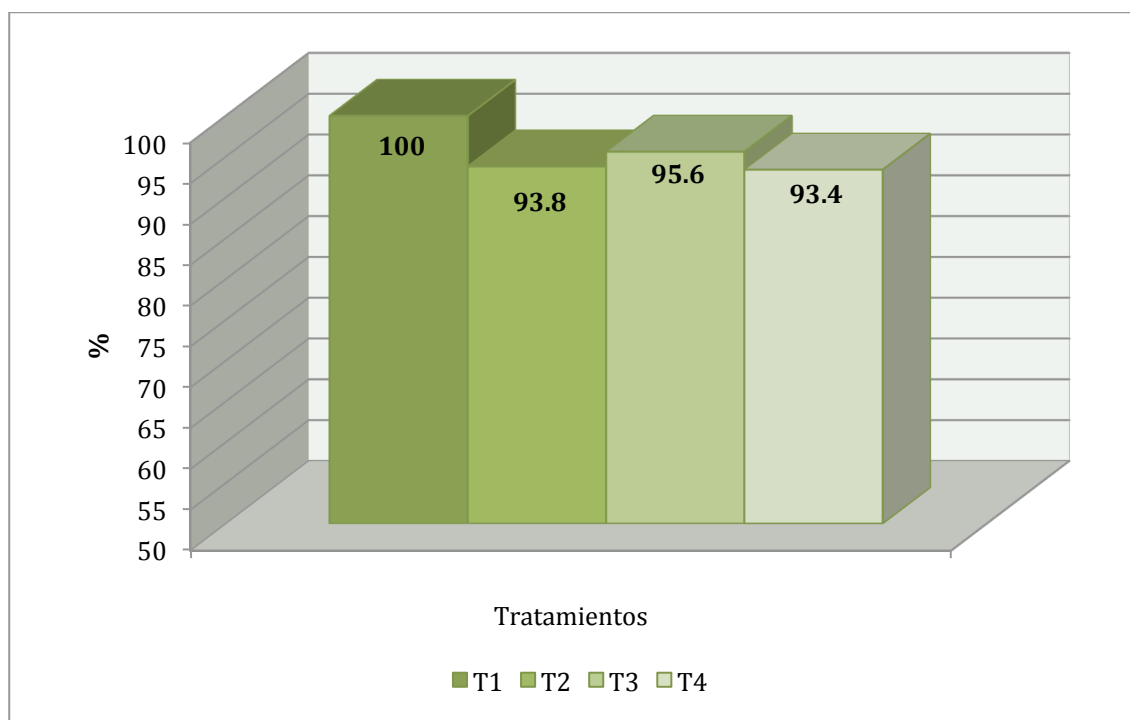


Figura 4.1. Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento

No obstante, Deyoe *et al.* (1962) indicaron que la suplementación de aceites esenciales a través de la dieta podría incrementar o disminuir el consumo de alimento; dependiendo del tipo de aceite esencial o de la especie de procedencia, en algunos casos se da la promoción del consumo debido a su acción sobre la palatabilidad pero en los casos de astringencia podría disminuirse el consumo. Lee *et al.* (2003) encontraron, cuando emplearon 200 ppm de timol o carvacrol, disminución en el consumo de alimento. En tanto que Roldán (2010) determinó que la Bacitracina (APC) permitió lograr ligeras mejoras en consumo de alimento entre los 22 a 42 días de edad en pollos Ross.

Por lo encontrado en el presente ensayo, a pesar de lo mencionado con relación a que la presencia de orégano no habría afectado el consumo de alimento, es posible que se diera una acción conjunta del orégano y del APC.

4.2. Peso e Incremento de Peso Vivo

Los resultados relacionados con los pesos y los incrementos de peso de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento se presentan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2.

Incremento de peso vivo, promedio por pollo por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento

Aspectos	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pollos*	40	40	40	40
Días	42	42	42	42
APC	Sí	No	No	No
Orégano, %	No	No	0.05	0.1
Peso inicial, g.	45.4	44.8	44.3	42.4
Fase productiva:				
Pre-inicio	91.0 ^a	87.5 ^a	88.3 ^a	86.5 ^a
Inicio	672.3 ^a	647.8 ^a	687.8 ^a	649.8 ^a
Crecimiento	672.3 ^a	629.0 ^a	632.8 ^a	664.3 ^a
Engorde	713.0 ^a	681.3 ^a	683.8 ^a	723.8 ^a
Acabado	692.3 ^a	706.0 ^a	725.0 ^a	686.8 ^a
Incremento acumulado	2848.7 ^a	2761.3 ^a	2814.0 ^a	2818.9 ^a
Peso vivo final, g.	2894.1	2806.1	2858.0	2861.3

* Al finalizar cada fase productiva se fueron extrayendo pollos con fines de necropsia para otros estudios, al finalizar el ensayo quedaron 9 pollos en cada una de las repeticiones.

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos, dentro de Fases ($P > 0.05$).

El análisis estadístico corroboró las suposiciones de normalidad y homocedasticidad (Figuras 2A hasta 7A; Tablas 3A hasta 8A), procediéndose a la aplicación del análisis de la varianza (Tablas 9A hasta 14A), que permitió determinar que las diferencias entre los tratamientos no alcanzaron significación estadística; no obstante, se procedió a realizar el comparativo porcentual entre tratamientos dentro de cada una de las fases productivas (Figuras desde 4.2. a 4.7.), apreciándose que, como era de esperarse, el testigo negativo siempre estuvo por debajo del testigo positivo (con APC) y casi siempre por debajo de los tratamientos con orégano. En el incremento acumulado de peso vivo se apreció que el testigo negativo fue superado por el testigo positivo en 3.1%; en tanto que los tratamientos 3 y 4 en 1.2 y 1%, respectivamente; con cualquiera de las dos proporciones de orégano el incremento de peso vivo promedio

estuvo alrededor de 1% por debajo del testigo con APC, indicativo de que las diferencias no fueran estadísticamente significativas.

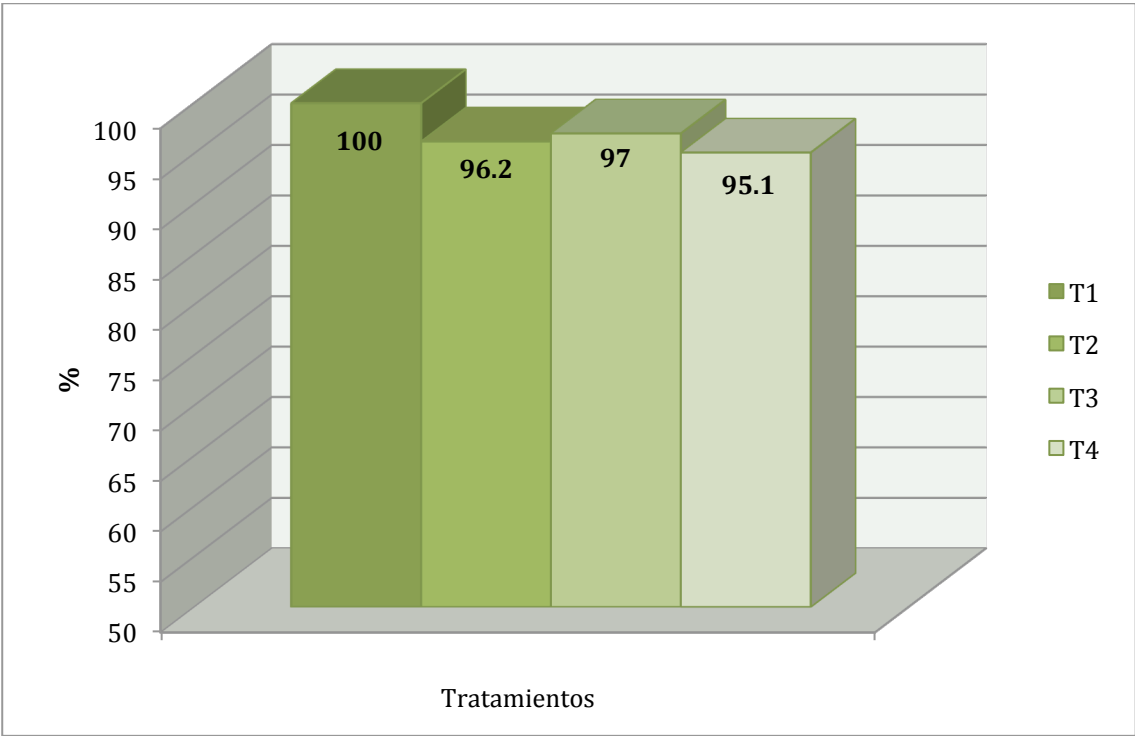


Figura 4.2. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Pre-Inicio

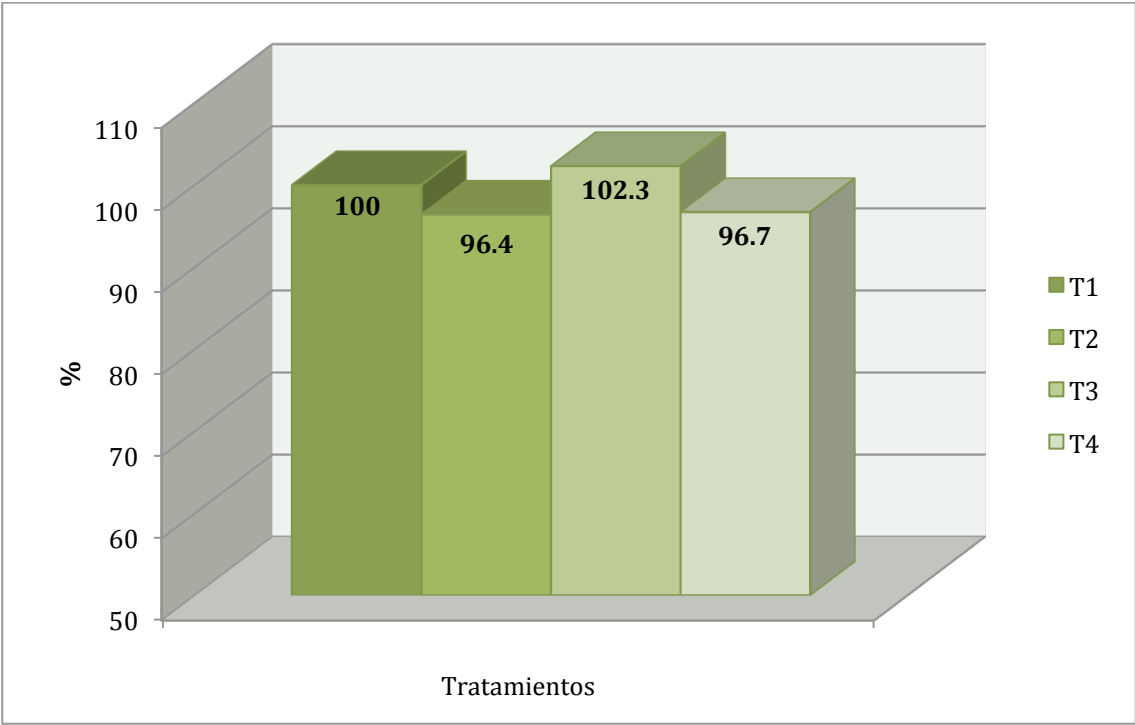


Figura 4.3. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Inicio

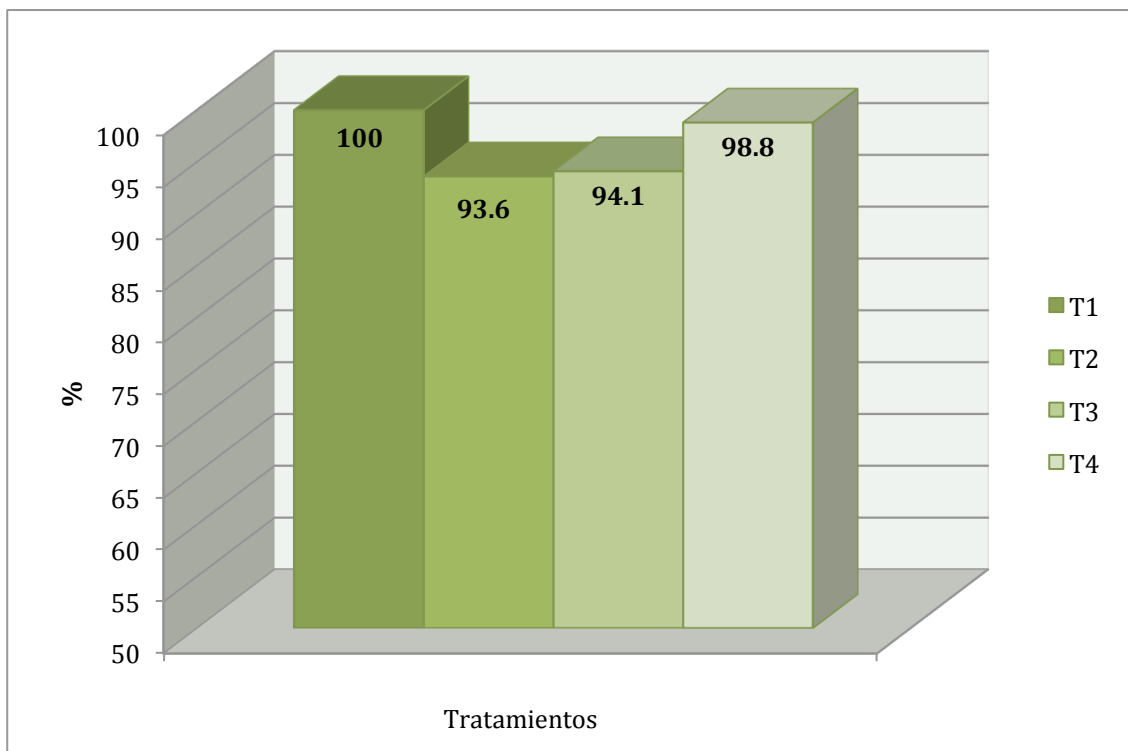


Figura 4.4. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Crecimiento

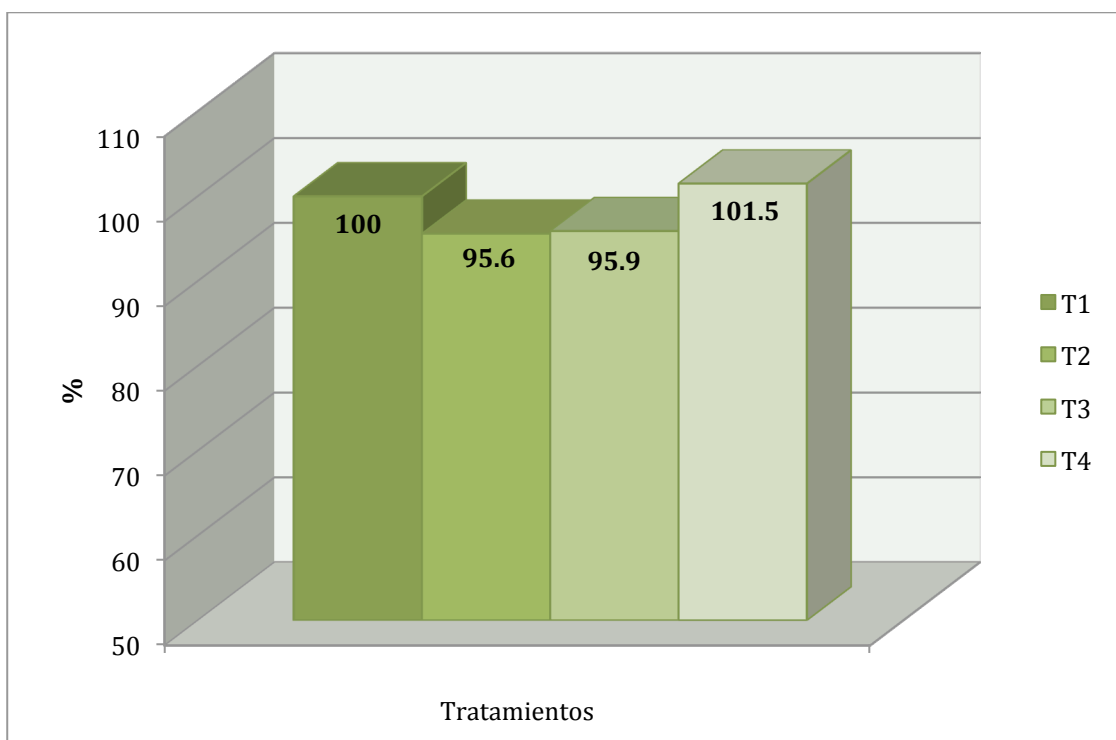


Figura 4.5. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Engorde

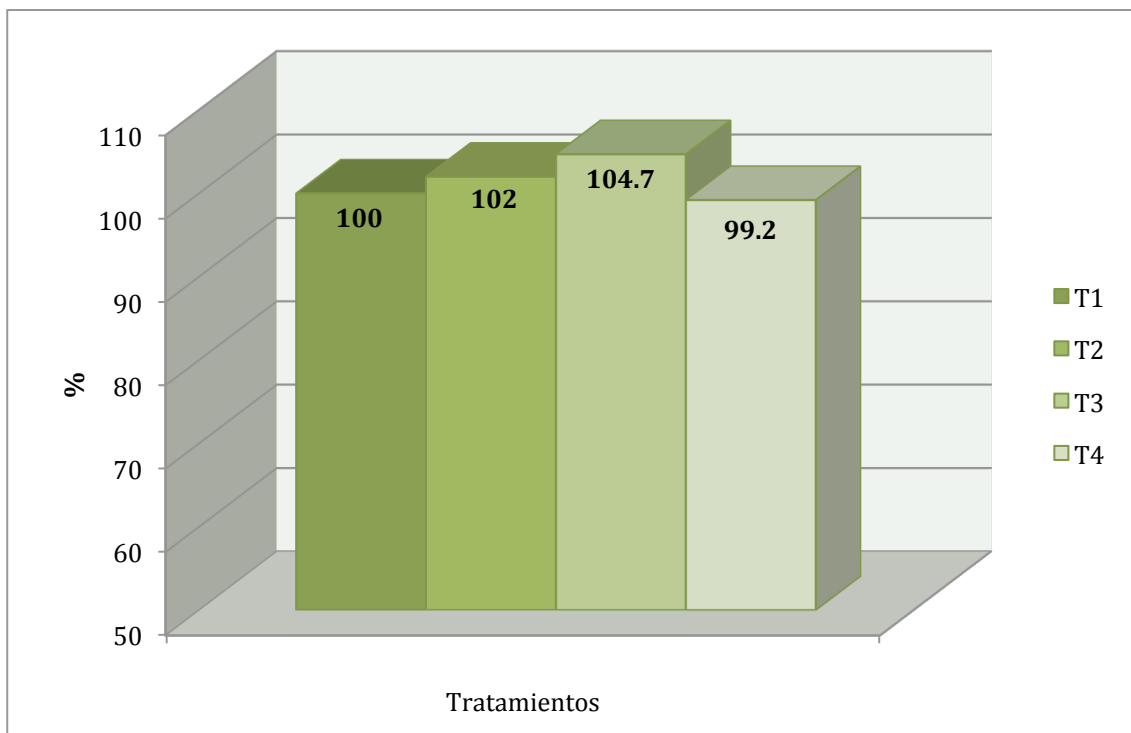


Figura 4.6. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo en la fase de Acabado

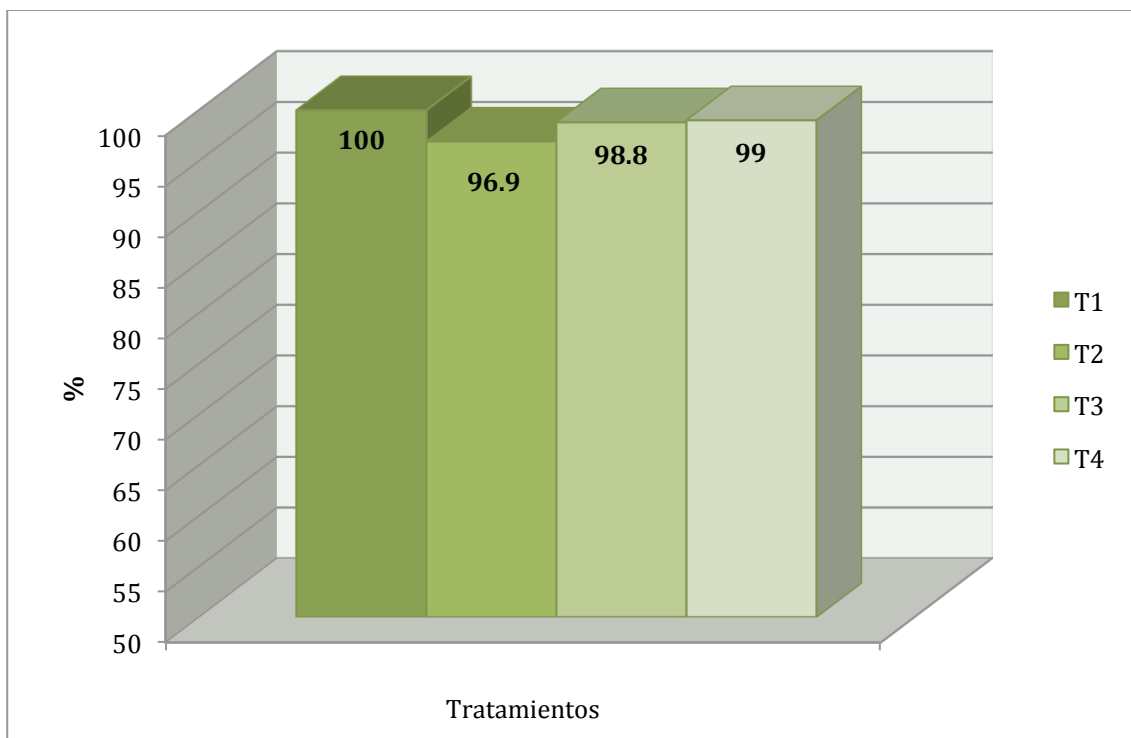


Figura 4.7. Comparativo porcentual entre tratamientos para el incremento de peso vivo acumulado

Botsoglou *et al.* (2002) reportaron que aceites esenciales de orégano incluidos a concentraciones en la dieta de 50 y 100 ppm, en pollos de engorde por un período de 38 días no mostraron efecto alguno sobre la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia; en tanto que Lee *et al.* (2003) también demostraron que la inclusión de 200 ppm de timol o carvacrol, no tenían efectos sobre la ganancia de peso corporal pero sí una disminución en el consumo de alimento y una mejor conversión alimenticia. Los resultados obtenidos en el presente ensayo son concordantes, en cuanto a los incrementos de peso, con los reportes citados. Sin embargo, otros investigadores han encontrado efectos benéficos sobre los incrementos de peso, tal es el caso de Roldán (2010) que evaluando diferentes cantidades de aceites esenciales obtenidos de varias hierbas aromáticas consiguió mejoras en los incrementos de peso; superando, incluso, al APC.

No obstante que en el presente ensayo no se dio efecto positivo sobre los incrementos de peso el solo hecho de igualar al testigo positivo (APC) ya es un resultado satisfactorio, toda vez que indica que se puede utilizar orégano y obtener resultados similares a los obtenidos con APC.

4.3. Conversión Alimenticia

Los resultados relacionados con la conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento se presentan en la Tabla 4.3.

Realizado el análisis estadístico se corroboró las suposiciones de normalidad (Figuras desde 8A hasta 13A) y de homocedasticidad (Tablas desde 15A hasta 20A), permitiendo la aplicación del análisis de la varianza (Tablas 21A hasta 26A), este análisis permitió determinar que las diferencias entre los tratamientos, dentro de cada una de las fases de crianza evaluadas, no alcanzaron significación estadística; sin embargo, en varios casos hubo diferencias apreciables que se contrastaron

porcentualmente, lo que se presenta en las Figuras 4.8. hasta 4.13. y que permiten inferir que el orégano permitió mayor eficiencia en la utilización del alimento que el APC.

Tabla 4.3.

Conversión alimenticia, promedio por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento

Aspectos	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pollos*	40	40	40	40
Días	42	42	42	42
APC	Sí	No	No	No
Orégano, %	No	No	0.05	0.1
Fase productiva:				
Pre-inicio	1.169 ^a	1.190 ^a	1.232 ^a	1.192 ^a
Inicio	1.488 ^a	1.465 ^a	1.463 ^a	1.474 ^a
Crecimiento	1.694 ^a	1.630 ^a	1.630 ^a	1.540 ^a
Engorde	1.894 ^a	1.922 ^a	1.956 ^a	1.820 ^a
Acabado	2.680 ^a	2.038 ^a	1.998 ^a	2.041 ^a
Acumulada	1.820 ^a	1.737 ^a	1.741 ^a	1.702 ^b

* Al finalizar cada fase productiva se fueron extrayendo pollos con fines de necropsia para otros estudios, al finalizar el ensayo quedaron 9 pollos en cada una de las repeticiones.

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P>0.05$).

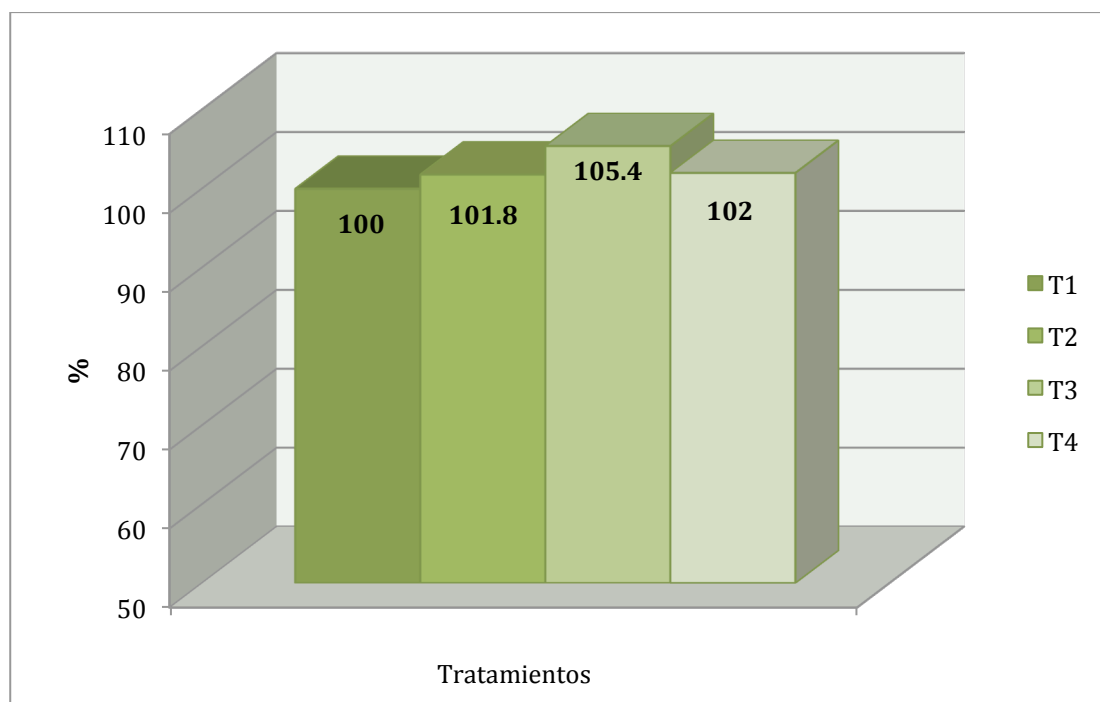


Figura 4.8. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Pre-Inicio

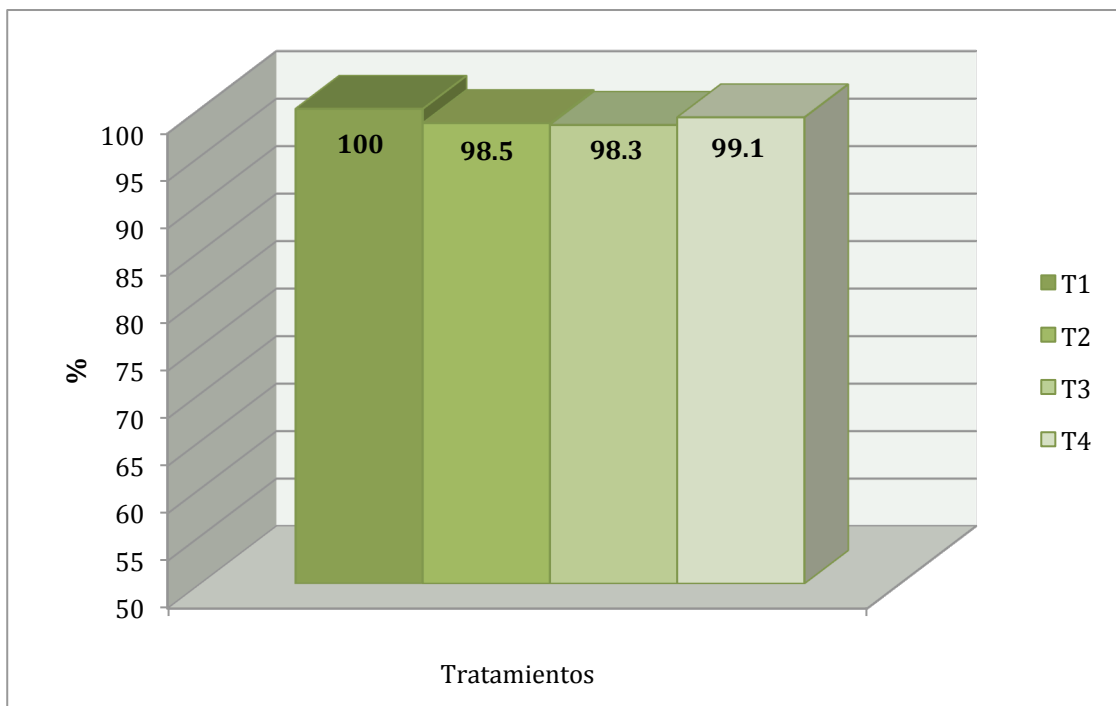


Figura 4.9. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Inicio

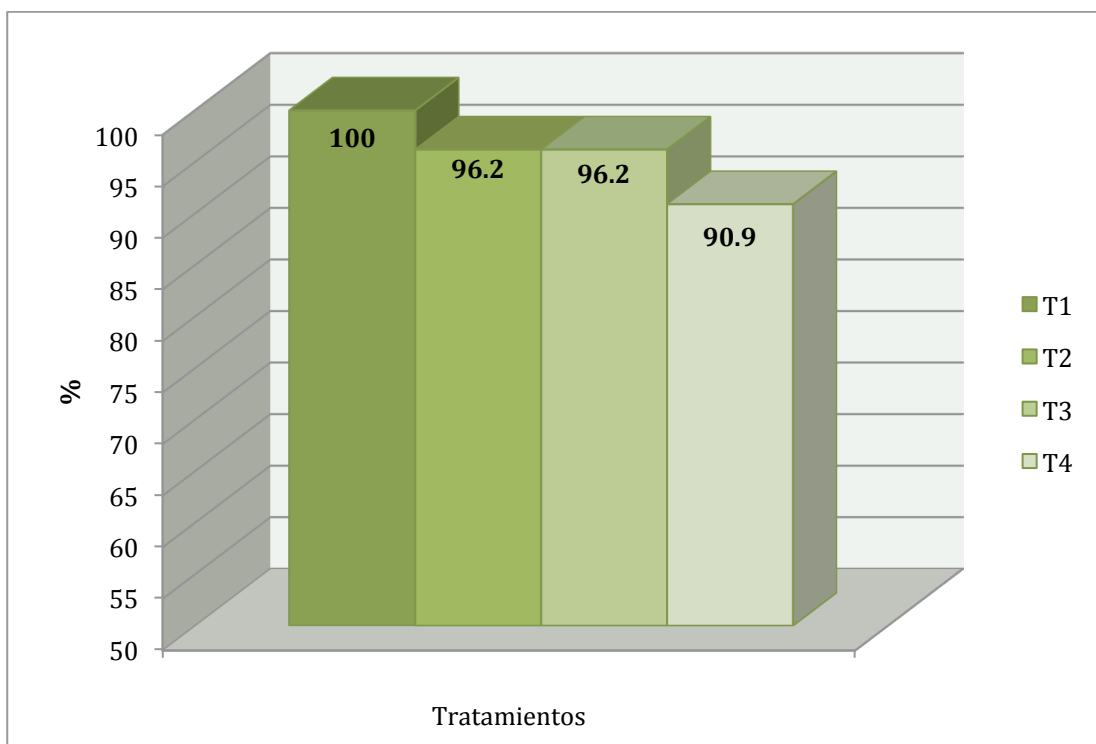


Figura 4.10. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Crecimiento

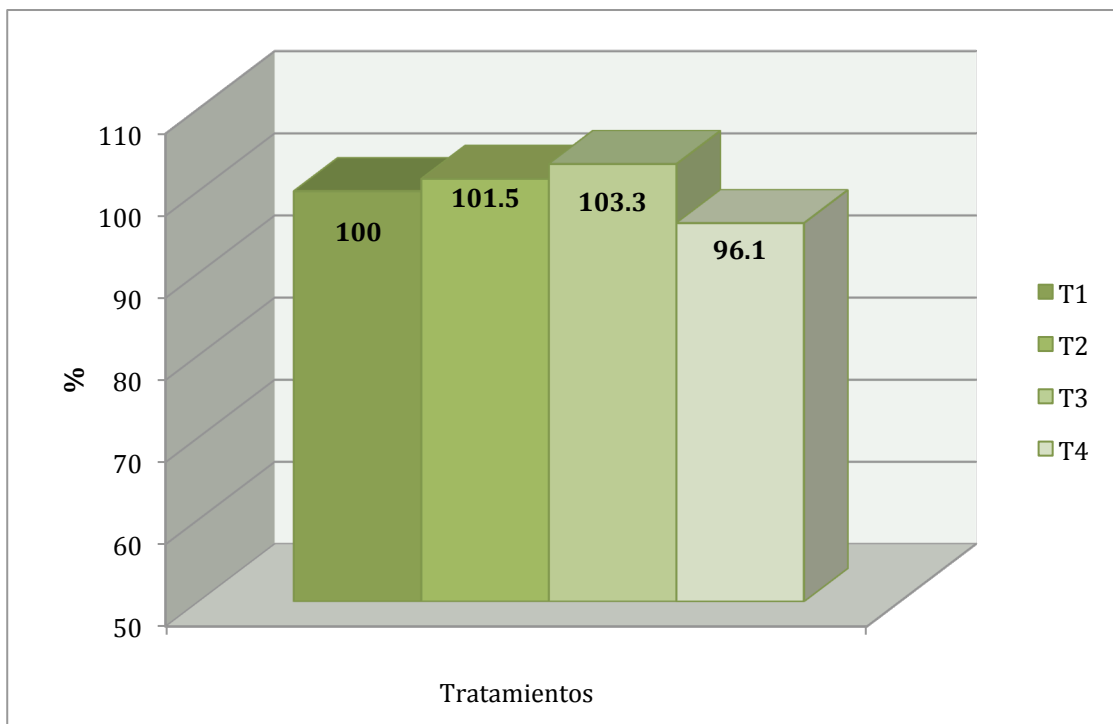


Figura 4.11. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Engorde

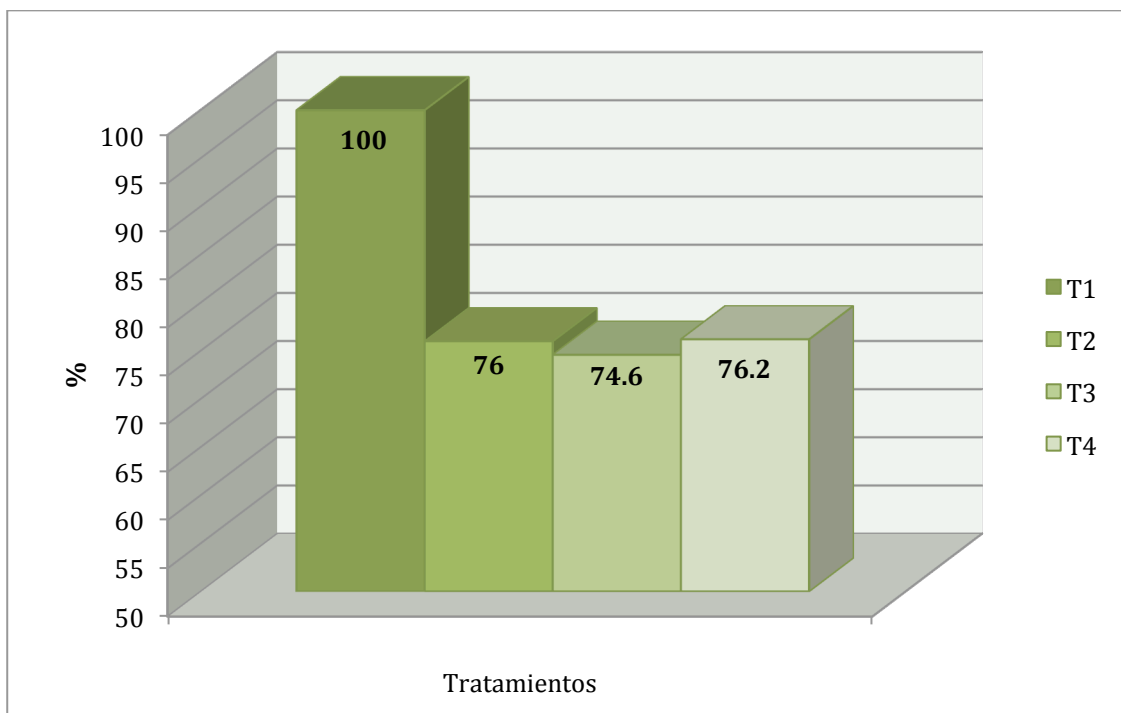


Figura 4.12. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia en la fase de Acabado

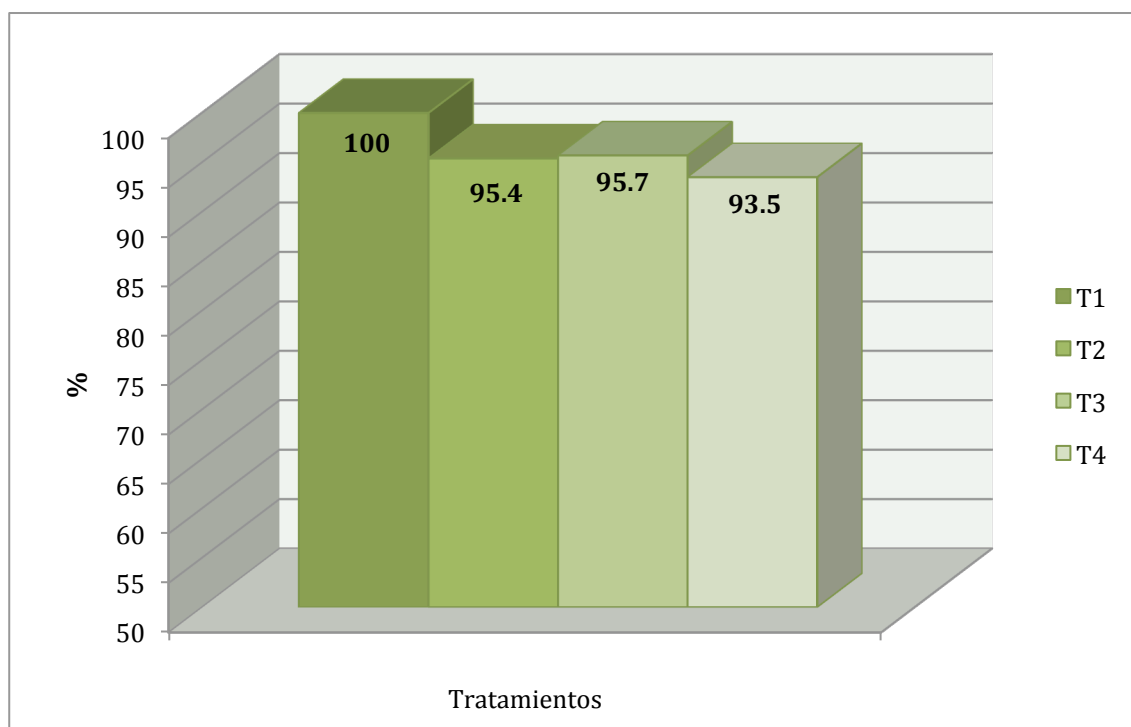


Figura 4.13. Comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia acumulada

Como se puede apreciar en la Figura 4.8., la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo fue mejor para el tratamiento testigo positivo (APC) en la fase de Pre-Inicio; sin embargo, conforme transcurrieron las diferentes fases el orégano se tornó en más eficiente, sobre todo el tratamiento que contuvo la proporción mayor evaluada (0.1%). Es interesante apreciar que en tres de las cinco fases de crianza el testigo negativo se comportó mejor que el testigo positivo, lo que pudo haberse debido a la continuidad de empleo del APC que puede haber generado algún tipo de resistencia, que no se manifestó negativamente en los incrementos de peso pero sí en la eficiencia de utilización del alimento.

Ante un menor consumo de alimento e incrementos de peso similares, la utilización del orégano se tradujo en más eficiente utilización del alimento para generar peso vivo. Esta mayor eficiencia puede explicarse en función de los modos de acción de los aceites esenciales contenidos en el orégano, del tipo carvacrol y timol. Se ha indicado que estos modos pueden ser del tipo antioxidante, antimicrobiano e

inmunomoduladores, que redundan en adecuada integridad del epitelio intestinal interno permitiendo mayor absorción de nutrientes.

Generalmente se reconoce que la acción antimicrobiana depende del carácter lipofílico o hidrofílico del aceite esencial (AE). Teniendo en cuenta la gran cantidad de los componentes químicos presentes en los AEs, lo más probable es que su actividad antimicrobiana no se puede atribuir a un solo mecanismo, sino que se da a varios niveles en las células microbianas (Carson *et al.*, 2002). Los aceites fenólicos (fenoles y ácidos fenólicos), se han encontrado como buenos inhibidores de bacterias. Características como un anillo aromático, un grupo hidroxilo u otros grupos como el *tert*-butil o el isopropal, alteran la polaridad y la topografía de la molécula y por lo tanto pueden cambiar la afinidad de la misma con sitios de unión diferentes en la bacteria. La hidrofobicidad y descripciones esteéricas (tamaño molecular y forma), también tienen papeles importantes en la actividad antibacteriana (Si *et al.*, 2006). La pérdida de potasio es la primera indicación de daño en las membranas de los microorganismos. Esto confirma el hecho de que la disrupción de las membranas contribuye al modo de acción de los grupos fenólicos como el eugenol y el timol.

Investigaciones de los efectos de los terpenoides en membranas bacterianas aisladas sugieren que su actividad esta en función de las propiedades lipofílicas de los constituyentes de los terpenos, la potencia de sus grupos funcionales y su solubilidad acuosa. Su sitio de acción aparentemente es la capa fosfolipídica y mediante mecanismos bioquímicos. Estos procesos incluyen la inhibición del transporte de electrones, translocación proteínica, pasos de fosforilización y otras reacciones dependientes de enzimas (Dorman y Deans, 2000). Algunos componentes de los AEs aparentemente actúan a nivel de las proteínas embebidas en la membrana citoplasmática, enzimas como las ATPasas están localizadas en la membrana

citoplasmática y bordeadas por moléculas lipídicas. Hay dos posibles mecanismos en los que participan las moléculas de hidrocarburos cíclicos; las moléculas de hidrocarburos lipofílicos pueden acumularse en la capa lipídica y alterar la interacción lípido/proteína ó se puede dar una interacción directa entre el componente lipídico y la parte hidrófoba de la proteína. Se ha observado que se estimula la formación de *seudo micelios* en ciertas levaduras al adicionar AEs, lo que puede indicar que los aceites actúan a nivel de la regulación energética o en la síntesis de componentes estructurales (Juven *et al.*, 1994).

La actividad antioxidante es expresada como la capacidad de inhibir la per-oxidación del ácido linoleico y atrapar radicales libres. El orégano fresco y seco es un fuerte inhibidor de la per-oxidación del ácido linoleico. La habilidad para atrapar el radical libre DPP (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), puede exceder el 90% en especies de la familia *Lamiaceae*. Altos contenidos de ácido ascórbico y carotenoides son encontrados en menta (*Mentha piperita*), orégano (*Origanum vulgare*) y limón bálsamo (*Melissa officinalis*). Pero el secado de estas especies causa gran pérdidas de estos componentes (Capecka *et al.*, 2005).

La actividad antioxidante también puede ser evaluada por la cantidad de Malonaldehído (MDA) formado por la oxidación inducida por FeSO₄ del ácido linoleico a 37°C en buffer Trimza (pH 7.4). A una concentración de 1.5 mg/ml de ácido linoleico, extractos de *Moringa olerifera* y *Daucus carota* tienen una alta actividad antioxidante (83 y 80%) a comparación del α -tocoferol (72%) (Arabshahi *et al.*, 2007).

El mecanismo de la acción antioxidante de los aceites esenciales no se conoce con toda certeza. Sin embargo, en un estudio realizado por Fotti e Ingold (2003), se sugiere que el γ -terpineno, presente en varios aceites esenciales, actúa como antioxidante al retardar la per-oxidación del ácido linoleico, porque los radicales

peroxilo formados a partir de éste (HOO-) reaccionan rápidamente con los radicales peroxilo del ácido linoleico. De tal forma que se disminuye la concentración de los radicales peroxilo del ácido linoleico en el estado estacionario.

Mitsch *et al.* (2004), evaluaron el efecto de dos mezclas de AE sobre *Clostridium perfringens* (Cp) en pollos de engorde. Cien partes por millón de las mezclas fueron utilizadas con dietas comerciales. La primera mezcla (A) fue Crina (Crina SA, Gland, Switzerland), su principal componente es el timol, del *Thymus vulgaris*. En la segunda mezcla (B), la mitad del timol fue reemplazado con carvacrol del *Origanum vulgare*. Otros componentes, usados en la misma concentración en ambas mezclas fueron eugenol (*Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum zeylanicum*), curcumina (*Curcuma zanthorrhiza*) y piperina (*Piper nigrum*). La mezcla A redujo el promedio de la concentración de Cp en las heces en todos los días muestreados, en yeyuno y ciego en los días 14 y 21 y en cloaca en el día 14. La mezcla B redujo significativamente la concentración de Cp en yeyuno en los días 14 y 30 y en cloaca en el día 14. Los porcentajes de especímenes de Cp encontrados en los grupos control que salieron positivos a Cp, fueron de 83,3% en las heces, 88,0% en yeyuno y cloaca y 82,6% en ciego. Los resultados indicaron que mezclas específicas de los AEs pueden controlar la colonización y proliferación de Cp en el intestino de pollos de engorde y por lo tanto, pueden ayudar a prevenir la aparición de enteritis necrótica. Se cree que esto es debido al efecto antibacteriano de los AEs, la estabilización de la microflora intestinal y la inactivación de toxinas de Cp. Además es posible que los AEs, estimulen enzimas digestivas y por lo tanto la digestibilidad de los nutrientes se puede mejorar. Otro experimento con Crina Poultry y Crina Alternate, evaluó el desempeño en pollos vacunados contra la coccidia. Los pollos que no fueron vacunados contra la coccidia y alimentados con Crina Poultry, tuvieron mejor conversión alimenticia que el control no

medicado, durante el periodo de iniciación. Esto también se observó en pollos vacunados durante el período de finalización, pero estos resultados no fueron estadísticamente significativos. Las dos mezclas difirieron en cuanto a los resultados sobre el desempeño productivo de las aves y pudo ser atribuido a las cantidades variables de los componentes activos como el carvacrol y el timol (Oviedo *et al.*, 2005). La suplementación con Crina puede modular la dinámica de la micro flora intestinal en pollos vacunados contra la coccidia y evitar cambios drásticos después de una infección mixta con coccidia (Oviedo *et al.*, 2006).

En un ensayo en pollos de engorde por 42 días, se estudió la digestibilidad, el desempeño y el peso relativo de los órganos de diferentes extractos de AE. Se utilizaron 2 mezclas diferentes de AE's. La primera de estas contenía 200 ppm de un extracto de orégano, canela y pimienta (EOE) y la segunda mezcla contenía 5000 ppm de un extracto de salvia, tomillo y romero (LE). Estos tratamientos fueron comparados contra un grupo control y un grupo suplementado con avilamicina. En el período de iniciación, la suplementación con LE, mejoró aparentemente la digestibilidad fecal de la materia seca ($P<0.001$) y todos los demás aditivos incrementaron la digestibilidad del extracto etéreo. No se observó efecto sobre la digestibilidad de la proteína cruda. A nivel ileal, la avilamicina, EOE y LE, incrementan la digestibilidad de la materia seca y del almidón, pero no la digestibilidad de la proteína cruda. No se observaron diferencias con respecto al peso relativo de los órganos. Se observó también un mejor desempeño productivo en los grupos suplementados con los dos extractos, pero esto no fue estadísticamente significativo (Hernández *et al.*, 2004). Efectos sobre la enzimas digestivas fue evaluado por Jang *et al.* (2007), los cuales encontraron que una mezcla de AE a un nivel de 50 mg/kg de la dieta incrementa los niveles de α -amilasa, tripsina pancreática y maltasa intestinal ($P<0.05$). Además, se observó una disminución en las poblaciones de *E. coli*

en la digesta ileo-cecal, sin afectar las poblaciones de lactobacilos, lo cual es compatible con resultados de Jamroz *et al.* (2005); en este experimento no hubo efecto sobre el desempeño productivo de las aves.

Valores acumulados de conversión alimenticia que se diferencian en 5% o más, si bien no son estadísticamente diferentes, son económicamente muy trascendentes; el empleo de 0.1% de orégano propició ventajas en la eficiencia de utilización del alimento de 6.5%, que hacen recomendable su empleo.

4.4. Mérito Económico

Los resultados relacionados con el mérito económico de pollos de carne que recibieron diferentes proporciones de orégano en el alimento se presentan en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4.
Mérito económico, promedio por fase productiva, de pollos de carne que recibieron orégano en el alimento

Aspectos	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pollos*	40	40	40	40
Días	42	42	42	42
APC	Sí	No	No	No
Orégano, %	No	No	0.05	0.1
Fase productiva:				
Pre-inicio	1.74 ^a	1.78 ^a	1.84 ^a	1.78 ^a
Inicio	2.21 ^a	2.18 ^a	2.17 ^a	2.19 ^a
Crecimiento	2.40 ^a	2.37 ^a	2.37 ^a	2.24 ^a
Engorde	2.76 ^a	2.80 ^a	2.85 ^a	2.65 ^a
Acabado	3.87 ^a	2.94 ^a	2.88 ^a	2.95 ^a
Acumulado	2.66 ^a	2.55 ^a	2.54 ^a	2.49 ^a

* Al finalizar cada fase productiva se fueron extrayendo pollos con fines de necropsia para otros estudios, al finalizar el ensayo quedaron 9 pollos en cada una de las repeticiones.

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas entre tratamientos (P>0.05).

El análisis estadístico permitió determinar la normalidad (Figuras 14A hasta 19A) y la homocedasticidad (Tablas 27A hasta 32A) de la información; permitiendo aplicar el análisis de la varianza (Tablas 33A hasta 38A) que determinó que las diferencias entre los tratamientos no alcanzaron significación estadística. Sin embargo, se apreció que el comportamiento de los valores de mérito económico fue parecido al de

los valores de conversión alimenticia, por tal motivo se procedió a realizar el comparativo porcentual de los valores de mérito económico acumulado, el que se presenta en la Figura 4.14.

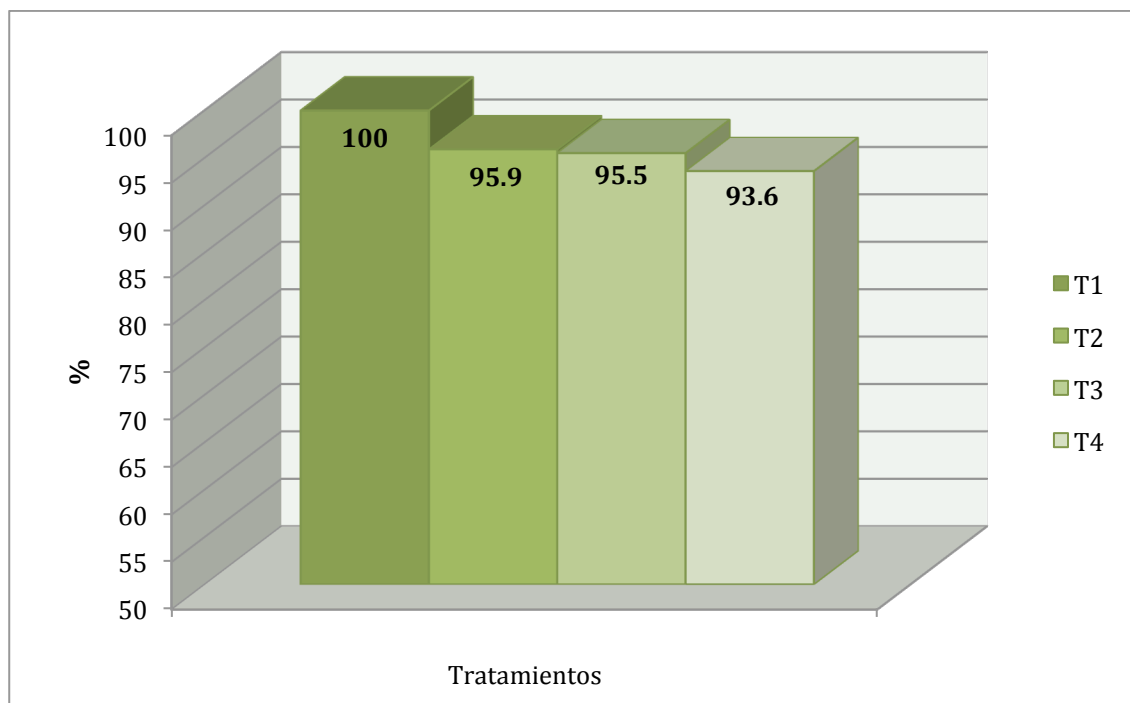


Figura 4.14. Comparativo porcentual entre tratamientos para el mérito económico acumulado

Como se puede apreciar en la Figura 4.14., el empleo de orégano permitió que la alimentación de los pollos de carne sea más económica en, casi, 7%. Para los productores avícolas una diferencia de 3% en el mérito económico ya justifica la aplicación de una estrategia alimenticia y con 7% permite que se aleje considerablemente el costo de producción del precio de venta, favoreciendo el negocio.

Por otro lado, la conveniencia no sólo está desde el punto de vista de la economía de la producción en vivo, sino que los principios contenidos en el orégano podrían conferir condiciones beneficiosas a la carne que redundarían en ventaja económica en la comercialización. A lo que se suma, el hecho de no emplear APC; el consumidor es muy proclive a disminuir el consumo de pollo cuando se difunden apreciaciones negativas sobre su carne. Así, la carne de pollo producida sin APC se

podría considerar una ventaja sobre la salud de los consumidores, los que tendrían un factor menos de que preocuparse con relación a la antibiótico resistencia.

4.5. Rendimiento de Carcasa y Aceptación de la Carne

Los resultados relacionados con el rendimiento de carcasa y el grado de aceptación de la carne de pollos de carne que recibieron orégano, en diferentes proporciones, en el alimento se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5.
Rendimiento de carcasa y percepción sensorial de la carne de pollos que recibieron orégano en el alimento

Aspectos	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Pollos*	4	4	4	4
Días	42	42	42	42
APC	Sí	No	No	No
Orégano, %	No	No	0.05	0.1
Peso de la carcasa, g.	1992 ^a	1943 ^a	1977 ^a	2037 ^a
Rendimiento de carcasa, %	67.7 ^b	66.1 ^c	69.6 ^a	70.1 ^a
Grado de aceptación	8.46 ^a	7.33 ^a	8.61 ^a	8.25 ^a

* Se trabajó con muestra tomada al azar al finalizar la crianza

^{a, b} Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$, Duncan).

Tanto para el peso como para el rendimiento de carcasa, el análisis estadístico indicó que hubo distribución normal (Figuras 20A y 21A) y homogeneidad de varianzas (Tablas 39A y 40A); el análisis de la varianza mostró que las diferencias entre tratamientos con los pesos de carcasa no fueron significativas ($P > 0.05$) (Tabla 41A), pero en el caso del rendimiento de carcasa si hubo significación (Tabla 42A).

Ri *et al.* (2017) también encontraron esa tendencia a mayores rendimientos de pechuga y muslo en pollos de carne que recibieron suplementación de polvo de orégano en la dieta. Estos autores consideraron que la función promotora del crecimiento y función antioxidante del orégano permitirían mejores rendimientos de carcasa.

Así mismo, se ha reportado que muchas fuentes fitogénicas al reemplazar a los APC han mostrado resultados prometedores, no sólo como agentes antimicrobianos sino también en otros aspectos como su habilidad antioxidante y función promotora del

crecimiento (Wong *et al.*, 2008; Krishan y Narang, 2014; Zeng *et al.*, 2015). Los componentes principales del aceite esencial de orégano son compuestos terpenoides como el carvacrol y el timol. Ya se conoce de la actividad anti-microbiana de los polifenoles y su mecanismo molecular para controlar microbios; adicionalmente, el extracto de orégano, como antioxidante natural, tiene una habilidad pronunciada para prevenir la oxidación de los lípidos, lo que contribuye en obtener carne de mejor calidad y en la salud del animal (Botsoglou *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2004; Ben Arfa *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2008; Teixeira *et al.*, 2013; Krishan y Narang, 2014).

Evaluated el grado de aceptación de la carne, se pudo determinar que hubo normalidad en la distribución (Figura 22A) y homocedasticidad (Tabla 43A), aplicado el análisis de la varianza se encontró que las diferencias entre los tratamientos no alcanzaron significación estadística (Tabla 44A), aun cuando la carne procedente de los tratamientos que recibieron orégano estuvo por encima, en preferencia, de la que procedió del testigo negativo. Sin embargo, se puede plantear una pregunta pertinente, ¿que puede haber hecho que la carne procedente del tratamiento testigo positivo sea más aceptada que la procedente del testigo negativo?, ¿acaso el APC confiere alguna característica a la carne vinculada con el grado de aceptación? Es posible que los degustadores, al no ser especialistas en este aspecto, consideren una serie de factores al emitir su aceptación, confundiendo en un solo criterio sabor, olor, firmeza, etc. Ya que el APC promociona el mayor desarrollo de tejido muscular podría haber orientado preferencias dentro de los degustadores; también, es posible que los degustadores hayan buscado la carne que se parece más a lo que ellos consideren como características típicas del pollo y cualquier variación en sabor, aroma, etc., no haya sido adecuadamente valorada.

Es conveniente realizar investigación complementaria sobre características de la carcasa como, por ejemplo, la capacidad para retener agua y disminuir las mermas en el peso comercializable. Esto es importante, toda vez que los agentes comercializadores finales mantienen las carcasas al gancho y se generan mayores pérdidas de peso conforme transcurre el tiempo. Se ha indicado que las especias, hierbas aromáticas, verduras, etc., poseen antioxidantes naturales que al ingresar hasta la fibra muscular protegen su integridad por más tiempo después del sacrificio (Roldán, 2010).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La presencia de orégano en la dieta no ejerció efecto significativo ($P>0.05$) sobre el consumo de alimento.
2. Los incrementos de peso vivo de los tratamientos con orégano fueron similares a los logrados con el tratamiento testigo con antibiótico promotor de crecimiento.
3. Con 0.1% de orégano en la dieta se logró que la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo sea alrededor de 6% superior a la del tratamiento con APC; el mérito económico tuvo un comportamiento similar.
4. Con el orégano se logró mayor ($P\leq 0.01$) rendimiento de carcasa que con el APC.
5. No hubo diferencias significativas en el grado de aceptación de la carne por parte de los degustadores.

Recomendándose:

1. Emplear 0.1% de hojas de orégano en la dieta de pollos de carne en reemplazo del APC, por mejorar la conversión alimenticia, el mérito económico y el rendimiento de carcasa.
2. Realizar investigaciones complementarias que permitan determinar el efecto sobre cualidades de las carcasas y si en combinación con otros principios se pueden potencializar su acción en pollos de carne y otras especies de animales de interés zootécnico.

VI. RESUMEN

Se realizó un ensayo de alimentación en pollos de carne para determinar el efecto de la inclusión de orégano en la dieta sobre el consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico, rendimiento de carcasa y grado de aceptación de la carne. Se evaluó cuatro tratamientos: T1, testigo positivo (con APC y sin orégano); T2, testigo negativo (sin APC y sin orégano); T3, 0.05% de orégano (sin APC); T4, 0.1% de orégano (sin APC). Se empleó 160 pollos Cobb 500 de un día de edad y de ambos sexos y el ensayo tuvo una duración de 42 días. Los resultados mostraron que el orégano mejoró la eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo, el mérito económico y el rendimiento de carcasa; en tanto que no hubo diferencias significativas en el consumo de alimento y en los incrementos de peso vivo. Por lo que es recomendable el empleo de 0.1% de orégano en la dieta, reemplazando al APC y continuar con la investigación en aspectos de la carcasa y del empleo conjunto con otros principios nutricionales.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Anthony, N. B., Dunnington, E. and Siegel, P. B. 1989. Embryo growth of normal and dwarf chickens from lines selected for high and low 56 d body weight. *Arch. Geflügelkd.* 53: 116–122.
- Arabshahi, S., Vishlakshi, D., Urooj, A. 2007. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. *Food Chemistry*, 100: 1100-1105.
- Aroche, R. 2015. Efecto del polvo mixto de plantas con propiedades nutraceuticas en los indicadores biológicos de cerdos en crecimiento. Tesis Master en Producción Porcina. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma. Bayamo, República de Cuba.
- Ayala, L., Martínez, M., Acosta, A., Dieppa, O. y Hernández, L. 2006. Una nota acerca del efecto del orégano como aditivo en el comportamiento productivo de pollos de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40, 455-458.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., and Isaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446-475.
- Barfull, A., Garriga, C., Mitfans, M., and Planas, J. 2002. Ontogenetic expression and regulation of Na⁺-D-glucose cotransporter in jejunum of domestic chicken. *Am. J. Physiol.* 282:G559–G564.
- Ben Arfa, A., Combes, S., Preziosi-Belloy, L., Gontard, N., and Chalier, P. 2006. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Lett Appl Microbiol.* 43:149–154.
- Botsoglou, N.A., Florou-Paner, E., Chistaki, D.J. and Fletouris A.B. 2002. Effect of dietary oregano essential on performance of chickens and iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43: 223-230.
- Botsoglou, N. A., Govaris, A., Botsoglou, E. N., Grigoropoulou, S. H., and Papageorgiou, G. 2003. Antioxidant activity of dietary oregano essential oil and alpha-tocopheryl acetate supplementation in long-term frozen stored turkey meat. *J Agric Food Chem.* 51: 2930–2936.
- Botsoglou, N. A., Christaki, E., Florou-Paneri, P., Giannenas, I., Papageorgiou, G., and Spais, A. B. 2004. The effect of a mixture of herbal essential oils or alpha-tocopheryl acetate on performance parameters and oxidation of body lipid in broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 52–61.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, E., Dotas, V., Giannenas, I., Koidis, A., and Mitrakos, P. 2005. The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and alpha-tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 35: 143–151.
- Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253.
- Capecka, E., Mareczek, A., Leja, M. 2005. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some *Lamiaceae* species. *Food Chemistry*, 93: 223-226.
- Carro, M. D., y Ranilla, M. J. 2002. Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. *Exopol. circular*, 90(7).
- Carson, F., Mee, B., Riley, T. 2002. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46(6): 1914-1920.

- Casteel, E. T., Wilson, J. L., Buhr, R. J., and Sander, J. E. 1994. The influence of extended posthatch holding time and placement density on broiler performance. *Poult. Sci.* 73: 1679–1684.
- Cervato, G., Carabelli, M., Gervasio, S., Cittera, A., Cazzola, R., and Cestaro, B. 2000. Antioxidant properties of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extracts. *J. Food Biochem.* 24: 453–465.
- Chen, H., Wong, E. A., and Webb, K. E., Jr. 1999. Tissue distribution of a peptide transporter mRNA in sheep, dairy cows, pigs, and chickens. *J. Anim. Sci.* 77: 1277–1283.
- Chen, H., Pan, Y.-X., Wong, E. A., and Webb, K. E., Jr. 2005. Dietary protein level and stage of development affect expression of an intestinal peptide transporter (cPepT1) in chickens. *J. Nutr.* 135: 193–198.
- Daouk, R. K., Dagher, S. M., and Sattout, E. J. 1995. Antifungal activity of the essential oil of *Origanum syriacum* L. *J. Food Prot.* 58: 1147–1149.
- Dasgupta, A. and Klein, K. 2014. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements: Prevention and Treatment of Disease. Elsevier. San Diego, CA, USA.
- Del Carpio H., S. R. B. y Del Carpio R., P. A. 2016. Fuentes de antioxidantes naturales en la alimentación de animales de interés zootécnico y su efecto sobre el rendimiento. Conferencia presentada en la XXXIX Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Del Toro, M. I. 2016. Caracterización físico-química de la harina de tallos de *Agave fourcroydes* y su adición nutracéutica en las dietas para conejos de ceba. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma. Bayamo, Cuba.
- Deyoe, C. W., Davies, R. E., Krishnan, R., Khuand, R., and Couch, J. R. 1962. Studies on the taste preferences of the chick. *Poultry Science*, 41: 781–784.
- Dorman, H. J. D., and Deans, S. G. 2000. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88: 308–316.
- Ferraris, R. 2001. Dietary and developmental regulation of intestinal sugar transport. *J. Biochem.* (Tokyo) 360: 265–276.
- Foti, M., and Ingold, F. 2003. Mechanism of inhibition of lipid peroxidation by γ -terpinene, an unusual and potentially useful hydrocarbon antioxidant. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51:2758-2763.
- Gal-Garber, O., and Uni, Z. 2000. Chicken intestinal aminopeptidase: Partial sequence of the gene, expression and activity. *Poult. Sci.* 79: 41–45.
- Geyra, A., Uni, Z., and Sklan, D. 2001. The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. *Br. J. Nutr.* 86: 53–61.
- Giannenas, I. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, N. A., Christaki, E., and Spais, A. B. 2005. Effect of supplementing feed with oregano and/or tocopheryl acetate on growth of broiler chickens and oxidative stability of meat. *J. Anim. Feed Sci.* 14: 521- 535.
- Gilbert, E. R., Li, H., Emmerson, D. A., Webb, K. E., Jr., and Wong, E. A. 2007. Developmental regulation of nutrient transporter and enzyme mRNA abundance in the small intestine of broilers. *Poultry Science*, 86: 1739–1753.
- Harms, P. H., and Waldroup, P. W. 1962. Strain difference in the protein requirement of laying hens. *Poult. Sci.* 41: 1985–1987.
- Hassler, C. M. 1996. Functional Food: the Western perspectives. *Nutr. Rev.* 11: 6.

- Hernández, F., Madrid, J., García, V., Orengo, J., and Megías, M. D. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poult. Sci.* 83: 169-174.
- Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wiertelicki, T., Orda, J., Skorupiska, J. 2005. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *Brit. Poult. Sci.* 46, 485-493.
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., and Lee, C. Y. 2007. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134: 304-315.
- Juven, B., Kanner, J., Shcved, F. Weisslowicz, H. 1994. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *Applied Bacteriology*, 76(6): 626-631.
- Kanai, Y., and Hediger, M. A. 2004. The glutamate/neutral amino acid transporter family SLC1: Molecular, physiological and pharmacological aspects. *Eur. J. Physiol.* 447: 469-479.
- Krishan, G., and A. Narang. 2014. Use of essential oils in poultry nutrition: a new approach. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 1:156-162.
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., and Nychas, G. J. E. 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol.*, 91: 453 – 462.
- Lee, K., Everts, H., Beynen, A. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science*, 3(12): 738-752
- Lee, K., Everts, H., Kappert, H., Yeom, H., Beynen, A. 2003. Dietary carvacrol lowers body weight gain but improves feed conversion in female broiler chickens. *L. Journal of Applied Poultry Research*, 12: 394-399.
- Leibach, F. H., and Ganapathy, V. 1996. Peptide transporters in the intestine and kidney. *Annu. Rev. Nutr.* 16: 99-119.
- Lilja, C. 1983. A comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds. *Growth*, 47: 317-339.
- Marchaim, U., and Kulka, R. G. 1967. The non-parallel increase of amylase chymotrypsinogen and procarboxypeptidase in the developing chick pancreas. *Biochim. Biophys. Acta* 146: 553-559.
- Mathlouthi, N., Bouzaïenne, T., Oueslati, I., Recoquillay, F., Hamdi, M., Urdaci, M., and Bergaoui, R. 2011. Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: In vitro antimicrobial activities and effects on growth performance. *J. Anim. Sci.* 90:813-823.
- Matthews, J. C., Wong, E. A., Bender, P. K., Bloomquist, J. R., and WEBB, K. E., Jr. 1996. Demonstration and characterization of dipeptide transport system activity in sheep omasal epithelium by expression of mRNA in *Xenopus laevis* oocytes. *J. Anim. Sci.* 74: 1720-1727.
- Mitsch, P., Zitterl, K., Köhler, B., Gabler, C., Losa, R., Zimpernik, I. 2004. The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of *Clostridium perfringens* in the intestines of broiler chickens. *Poultry Science*, 83: 669-675.
- Murakami, H., Akiba, Y., and Horiguchi, M. 1992. Growth and utilization of nutrients in newly hatched chicks with or without removal of residual yolk. *Growth Dev. Aging* 56: 75-84.
- National Research Council (NRC). 1975. The Effect of Genetic Variance on Nutritional Requirements of Animals. Natl. Acad. Press, Washington, DC. USA.

- Nesheim, M. C., and Hutt, F. B. 1962. Genetic differences among white leghorn chicks in requirement of arginine. *Science*, 37: 691–692.
- Noy, Y., and Sklan, D. 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Sci.* 74: 366–373.
- Noy, Y., and Sklan, D. 1998. Yolk utilization in the newly hatched poult. *Br. Poult. Sci.* 39: 446–451.
- Noy, Y. and Sklan, D. 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. *Poultry Science*, 78: 1750–1756.
- Ostle, B. 1979. Estadística Aplicada. Limusa. México.
- Oviedo, E., Hume, M., Henández, C., Clemente, S. 2006. Intestinal microbial ecology of broiler vaccinated and challenged with *Eimeria* species, and suplementes with essential oil blends. *Poultry Science*, 85:854-860.
- Oviedo, E., Hernández, C., Williams, P., Losa, R. 2005. Responses of coccidia-vaccinated broilers to essential oil blends supplementation up to forty-nine days of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 14: 657-664.
- Palacin, M., and Kanai, Y. 2004. The ancillary proteins of HATs: SLC3 family of amino acid transporters. *Eur. J. Physiol.* 447: 490–494.
- Pan, Y.-X., Wong, E. A., Bloomquist, J. R., and Webb, K. E., Jr. 1997. Poly(A)+ RNA from sheep omasal epithelium induces expression of a peptide transport protein(s) in *Xenopus laevis* oocytes. *J. Anim. Sci.* 75: 3323–3330.
- Parrado, S., Chamorro, J., y Serrano, L. 2006. Estudio preliminar: orégano como promotor de crecimiento en lechones destetados. *Revista Medicina Veterinaria*, 12: 81-88.
- Reiner, G. N., Labuckas, D. O., and Garcia, D. A. 2009. Lipophilicity of some GABAergic phenols and related compounds determined by HPLC and partition coefficients in different systems. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 49: 686–691.
- Ri, C.-S., Jiang, X.-R., Kim, M.-H., Wang, J., Zhang, H.-J., Wu, S.-G., Bontempo, V., and Qi, G.-H. 2017. Effects of dietary oregano powder supplementation on the growth performance, antioxidant status and meat quality of broiler chicks, *Italian Journal of Animal Science*, DOI: 10.1080/1828051X.2016.1274243
- Roldán F., L. P. 2010. Evaluación del uso de los aceites esenciales como alternativa al uso de los antibióticos promotores del crecimiento en pollos de engorde. Tesis Mg. en Producción Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.
- Romanoff, A. L. 1960. Structural and functional development. In: *The Avian Embryo*. Macmillan, New York, NY, USA. Pages 1042–1081.
- Scheffler, E. 1982. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Si, W., Gong, J., Tsao, R., Zhou, T., Yu, H., Poppe, C., Johnson, R. and Du, Z. 2006. Antimicrobial activity of essential oils and structurally related synthetic food additives towards selected pathogenic and beneficial gut bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 100: 296-305.
- Simitzis, P. E., S. G. Deligeorgis, J. A. Bizelis, A. Dardamani, I. Theodosiou, and K. Fegeros. 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci.* 79: 217–223.
- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., and Arsenakis, M. 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202–1205.
- Sklan, D. 2001. Development of the digestive tract of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 67: 747–753.

- Sklan, D., Geyra, A., Tako, E., Gal-Gerber, O., and Uni, Z. 2003. Ontogeny of brush border carbohydrate digestion and uptake in the chick. *Br. J. Nutr.* 89: 747–753.
- Sulistiyanto, B., Akiba, Y., and Sato, K. 1999. Energy utilization of carbohydrate, fat and protein sources in newly hatched broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 40: 653–659.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., Neng, N. R., Nogueira, M. F., Saraivab, J. A., and Nunes, M. L. 2013. Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *J. Sci. Food Agric.* 93: 2707–2714.
- Thorens, B. 1996. Glucose transporters in the regulation of intestinal, renal and liver glucose fluxes. *Am. J. Physiol.* 270: G541–G553.
- Uldry, M., and B. Thorens. 2004. The SLC2 family of facilitated hexose and polyol transporters. *Eur. J. Physiol.* 447: 480–489.
- Ultee, A., Bennink, M. H. J., Moezelaar, R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 1561–1568.
- Uni, Z., Ganot, S., and Sklan, D. 1998. Post hatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry Sci.* 77: 75–82.
- Uni, Z., Noy, Y., and Sklan, D. 1995. Post hatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy and light-strain chicks. *Poultry Sci.* 74: 1622–1629.
- Uni, Z., Noy, Y., and Sklan, D. 1996. Developmental parameters of the small intestines in heavy and light strain chicks pre- and post-hatch. *Br. Poult. Sci.* 36: 63–71.
- Uni, Z., Tako, E., Gal-Gerber, O., and Sklan, D. 2003. Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. *Poult. Sci.* 82: 1747–1754.
- Varel, V. H. 2002. Carvacrol and thymol reduce swine waste odor and pathogens: Stability of oils. *Curr. Microbiol.* 44: 38–43.
- Verrey, F., Closs, E., Wagner, C., Palacin, M., Endou, H., and Kanai, Y. 2004. CATs and HATs: The SLC7 family of amino acid transporters. *Eur. J. Physiol.* 447: 532–542.
- World Health Organization (WHO). 2008. *Resistencia a los antimicrobianos transferida por animales productores de alimentos*. Recuperado de http://www.who.int/foodsafety/fs_management/No_02_Antimicrobial_Mar08_E_S.pdf
- Wong, S. Y., Grant, I. R., Friedman, M., Elliott, C. T., and Situ, C. 2008. Antibacterial activities of naturally occurring compounds against *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis. *Appl Environ Microbiol.* 74: 5986–5990.
- Wright, E. M., and Turk, E. 2004. The sodium/glucose cotransporter family SLC5. *Eur. J. Physiol.* 447: 510–518.
- Xu, J., Zhou, F., Ji, B. P., Pei, R. S. and Xu, N. 2008. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. *Lett. Appl. Microbiol.* 47:174–179.
- Yanishlieva-Maslarova, N. V. 2001. Inhibiting oxidation. in *Antioxidants in Food: Practical Applications*. (J. Pokorny, N. Yanishlieva, and M. Gordon, ed.). Woodhead Publishing Limited/CRC Press, Cambridge, UK. Pages 22–70.
- Yanishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H. and Raneva, V. G. 1999. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chem.* 64:59–66.

- Young, J. F., Stagsted, J., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., and Henckel, P. 2003. Ascorbic acid, alpha-tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Poult. Sci.* 82: 1343–1351.
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., and Piao, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6: 7.

VIII. APÉNDICE

Figura 1A. Determinación de normalidad (K-S) con el consumo de alimento

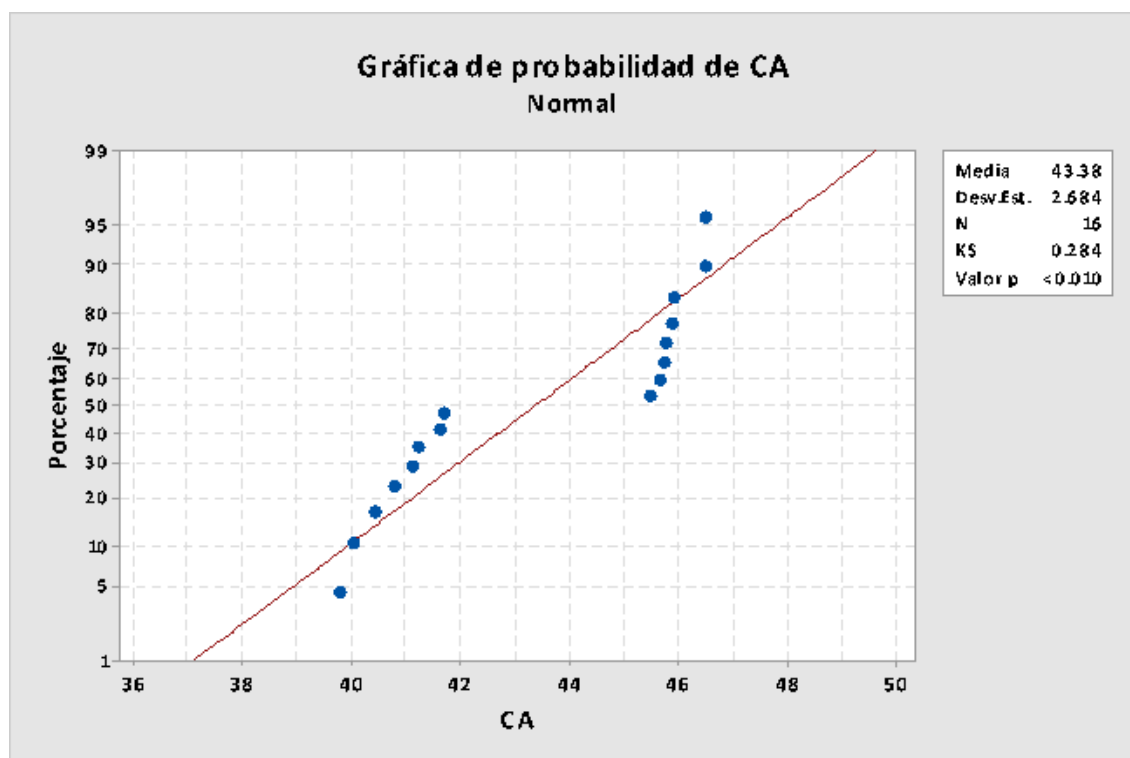


Tabla 1A. Determinación de homocedasticidad con el consumo de alimento (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.990
Levene	0.27	0.843

Tabla 2A. Análisis de varianza con el consumo de alimento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	2.178	0.7259	0.08	0.968
Error	12	105.848	8.8207		
Total	15	108.026			

Figura 2A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Pre-Inicio

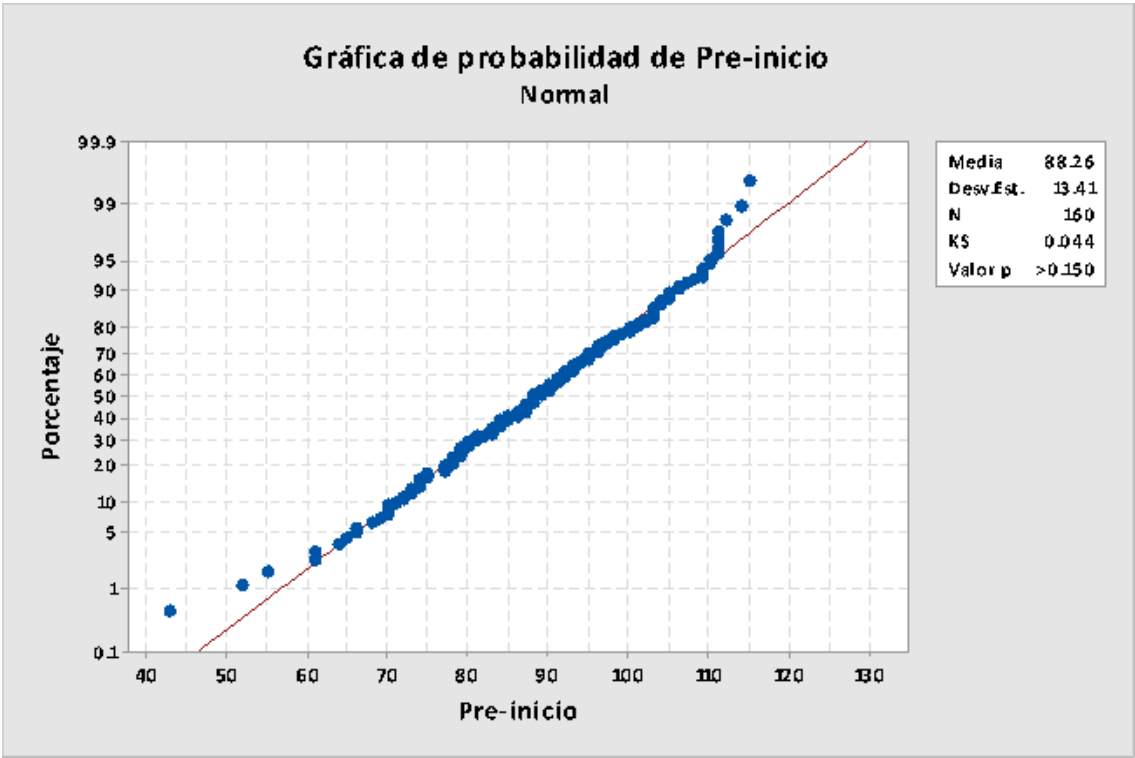


Figura 3A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Inicio

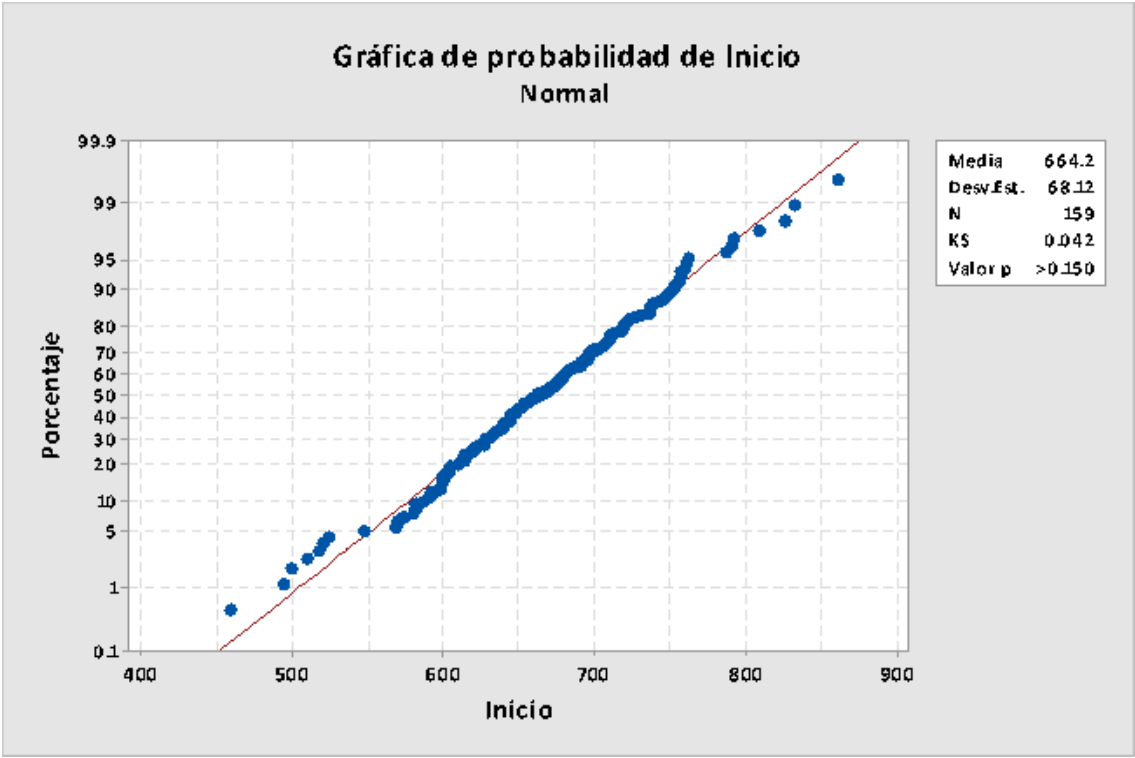


Figura 4A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Crecimiento

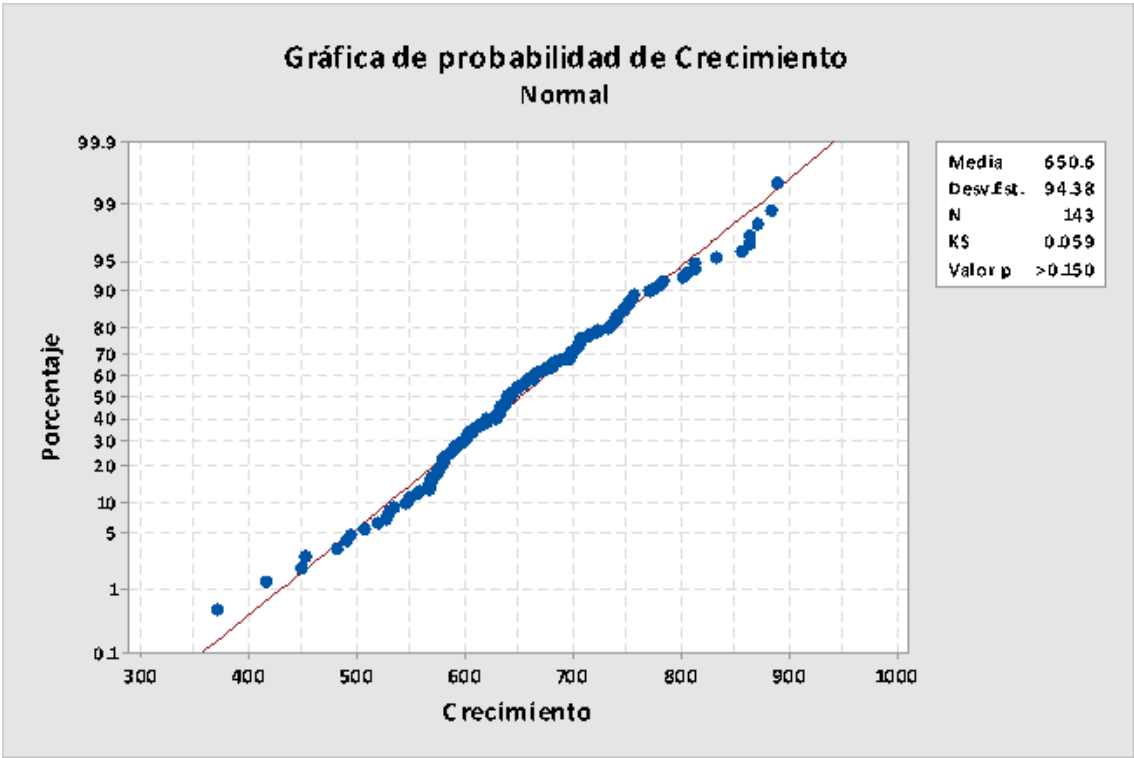


Figura 5A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Engorde

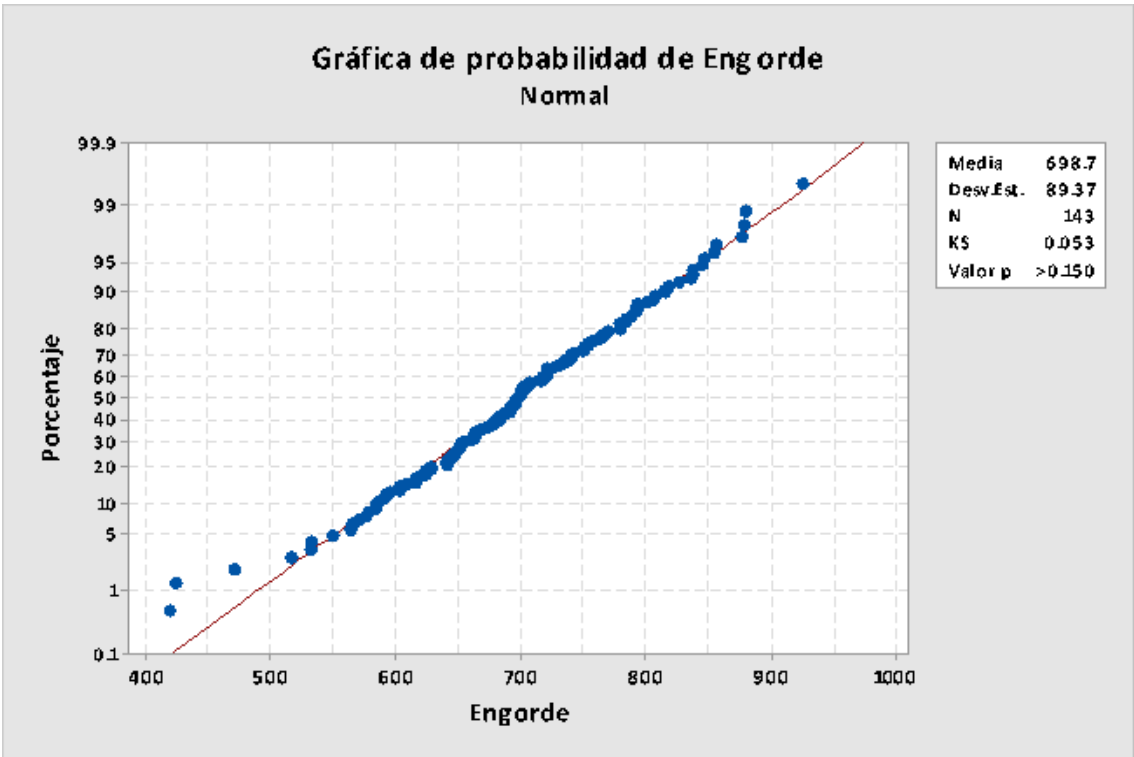


Figura 6A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento de peso en el Acabado

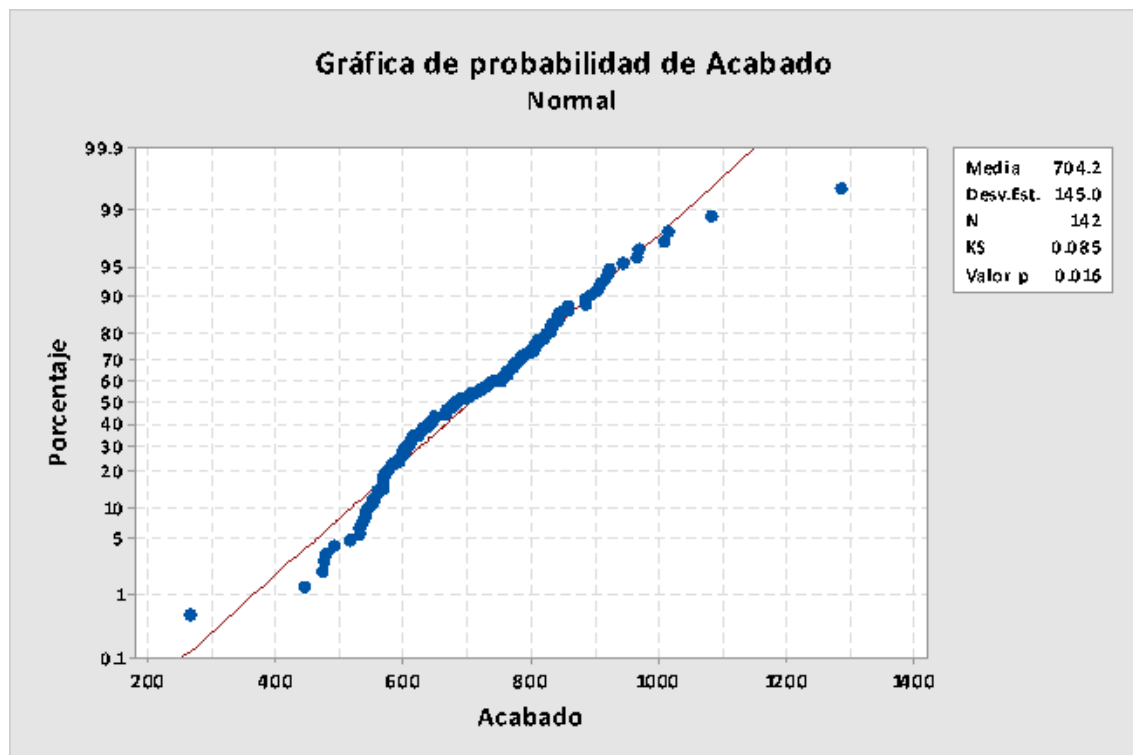


Figura 7A. Determinación de normalidad (K-S) con el incremento acumulado de peso

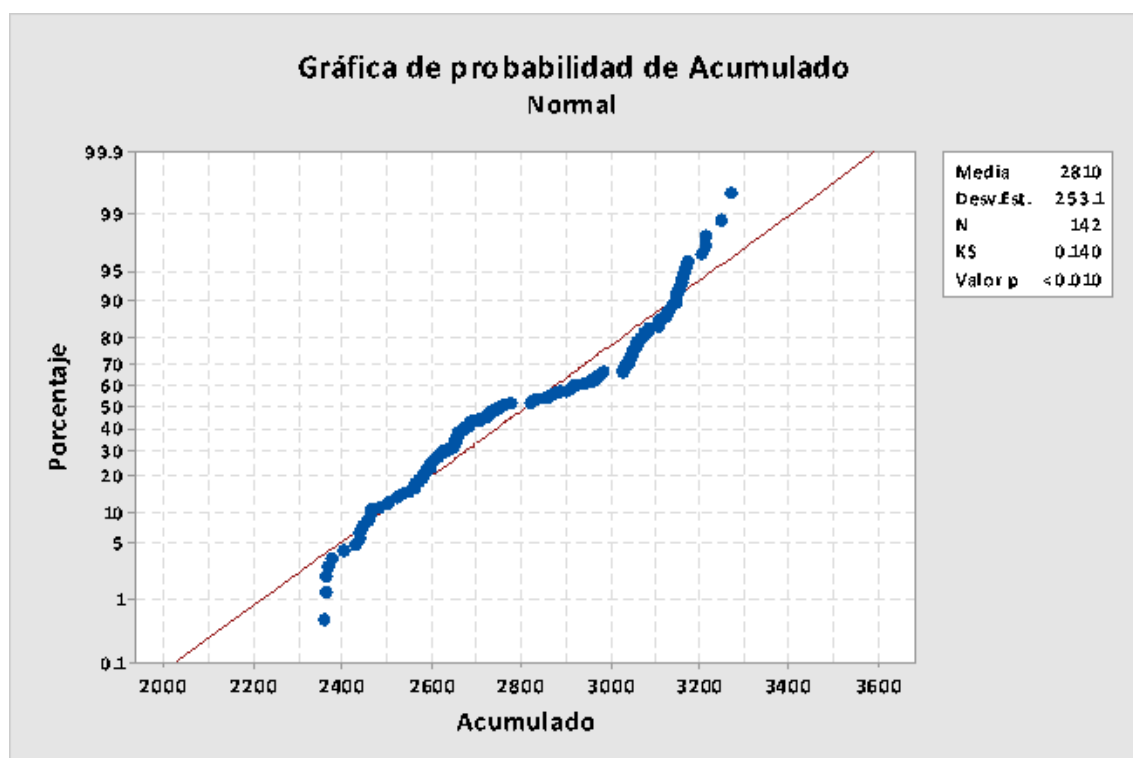


Tabla 3A. Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Pre-Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.227
Levene	1.68	0.173

Tabla 4A. Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.656
Levene	0.70	0.555

Tabla 5A. Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Crecimiento (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.010
Levene	2.60	0.055

Tabla 6A. Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Engorde (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.818
Levene	1.29	0.280

Tabla 7A. Determinación de homocedasticidad con el incremento de peso en el Acabado (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.132
Levene	2.35	0.075

Tabla 8A. Determinación de homocedasticidad con el incremento acumulado de peso (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.211
Levene	1.22	0.306

Tabla 9A. Análisis de varianza para el incremento de peso en el Pre-Inicio

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	1246443.03	1			
Tratamientos	442.52	3	147.51	<1	NS
Error experimental	2839.45	12	236.62		
Error de muestreo	25307.00	144	175.74		
TOTAL	1275032.00	160			

Tabla 10A. Análisis de varianza para el incremento de peso en el Inicio

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	69748336.36	1			
Tratamientos	54985.47	3	18328.49	<1	NS
Error experimental	555632.27	12	46302.69		
Error de muestreo	237934.90	143	1663.88		
TOTAL	70596889.00	159			

Tabla 11A. Análisis de varianza para el incremento de peso en el Crecimiento

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	59694277.37	1			
Tratamientos	50139.00	3	16713.00	<1	NS
Error experimental	1495252.85	12	124604.40		
Error de muestreo	139752.78	127	1100.42		
TOTAL	61379422.00	143			

Tabla 12A. Análisis de varianza para el incremento de peso en el Engorde

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	69800060.48	1			
Tratamientos	52982.36	3	18328.49	<1	NS
Error experimental	334783.72	12	46302.69		
Error de muestreo	746302.44	127	1663.88		
TOTAL	70934129.00	143			

Tabla 13A. Análisis de varianza para el incremento de peso en el Acabado

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	70422535.21	1			
Tratamientos	27369.08	3	9123.02	<1	NS
Error experimental	1576541.04	12	131378.42		
Error de muestreo	1359802.67	126	10792.08		
TOTAL	73386248.00	142			

Tabla 14A. Análisis de varianza para el incremento acumulado de peso

Fuente de Libertad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Signifi.
Media	1121397945.00	1			
Tratamientos	139529.28	3	46504.76	<1	NS
Error experimental	7261527.94	12	605127.33		
Error de muestreo	1628694.78	126	12926.15		
TOTAL	1130427697.00	142			

Figura 8A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio

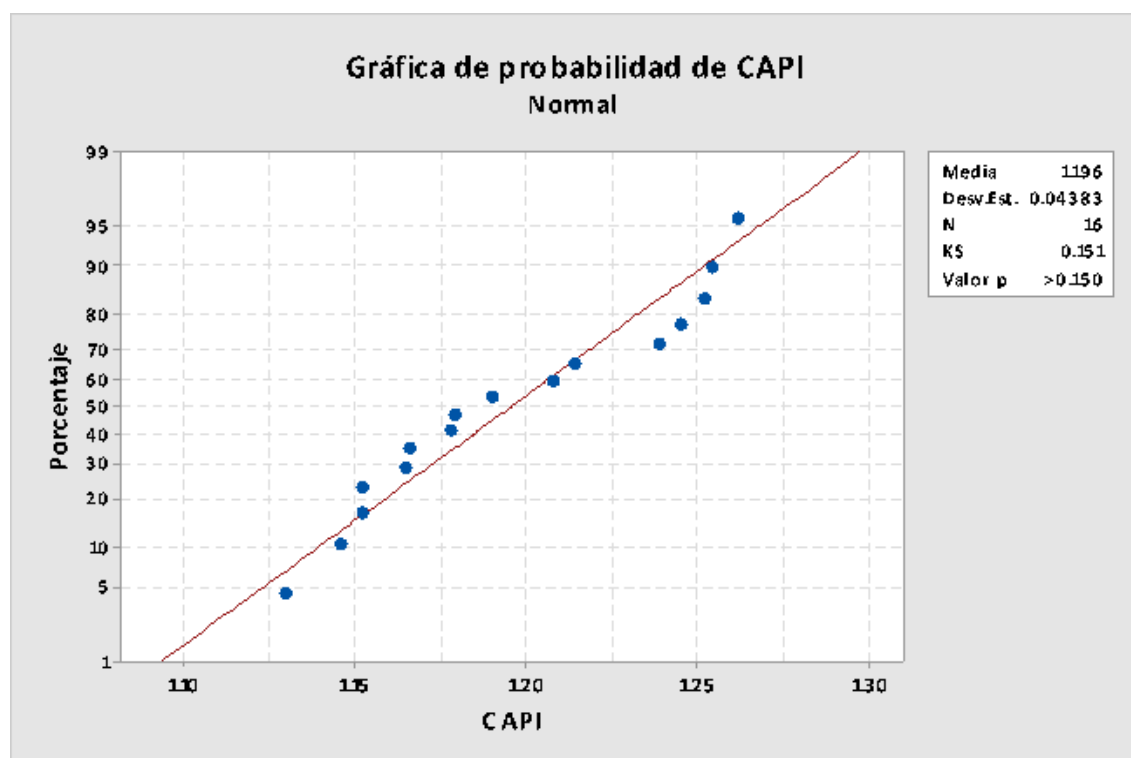


Figura 9A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Inicio

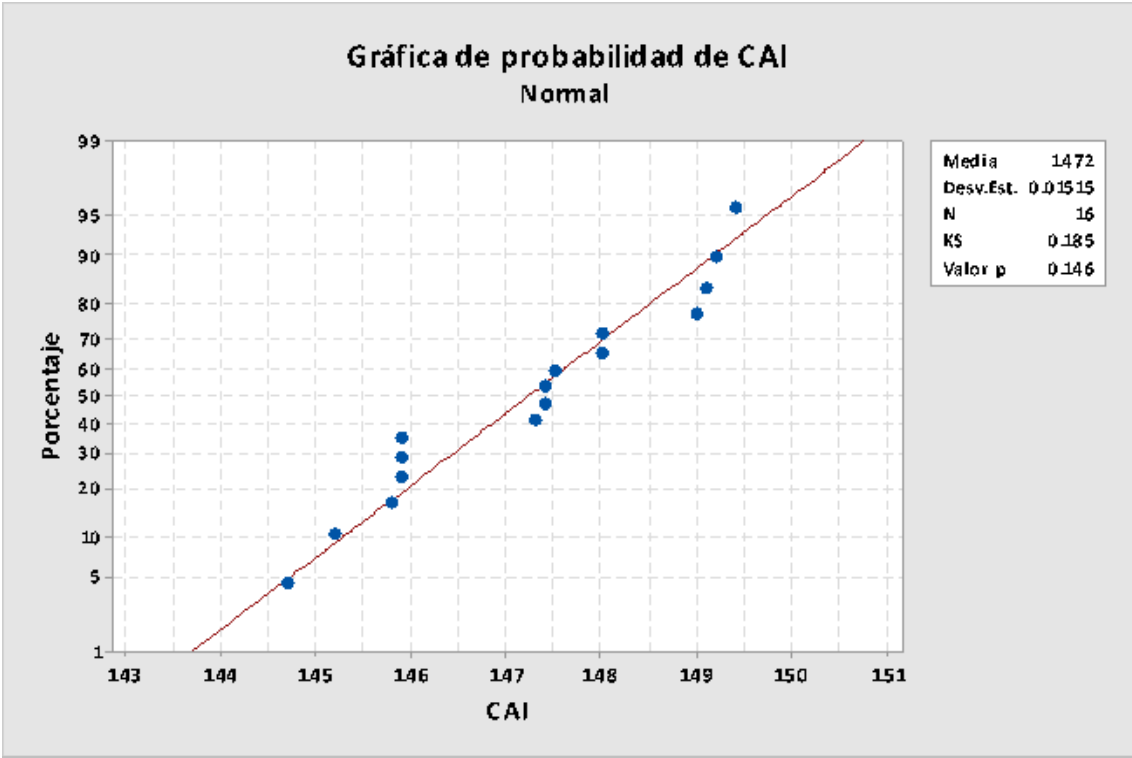


Figura 10A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Crecimiento

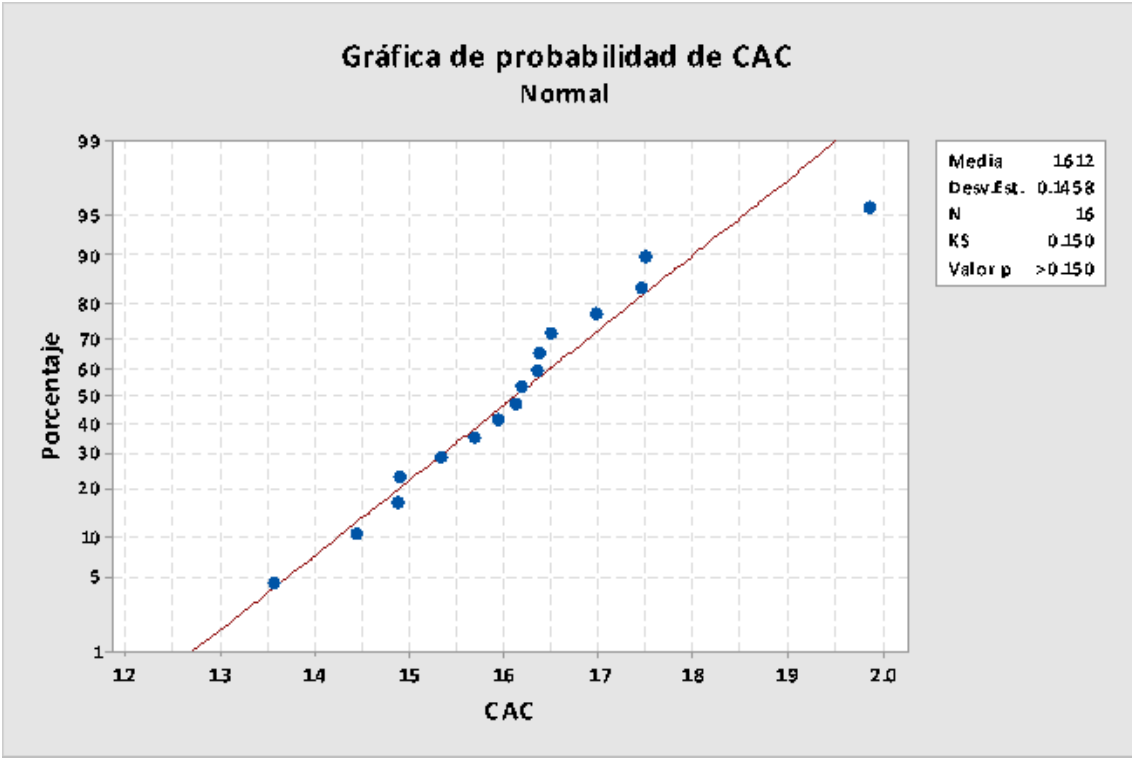


Figura 11A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Engorde

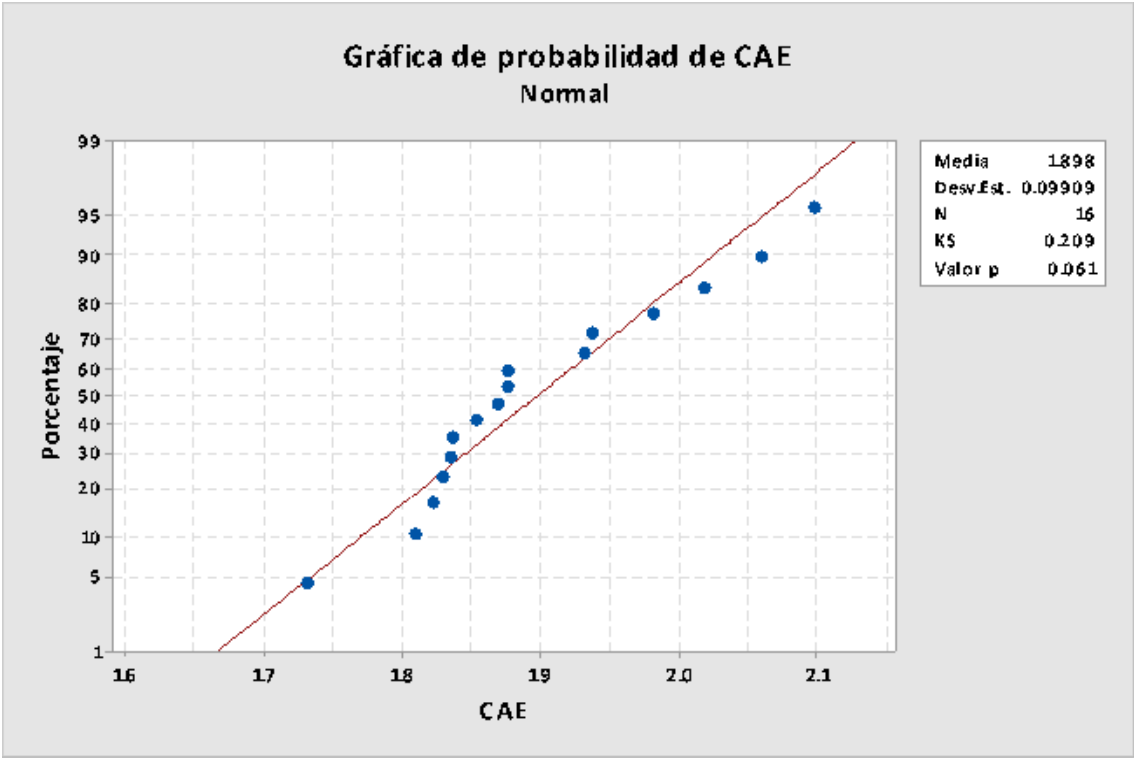


Figura 12A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia en el Acabado

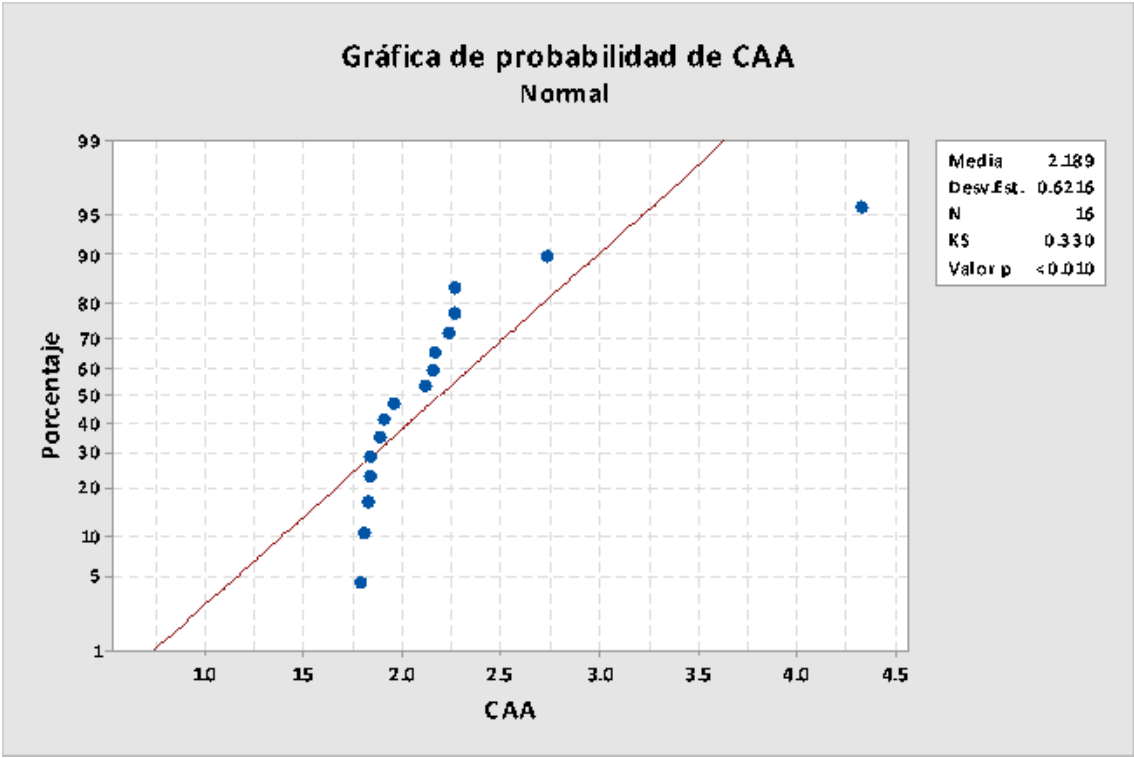


Figura 13A. Determinación de normalidad (K-S) con la conversión alimenticia acumulada

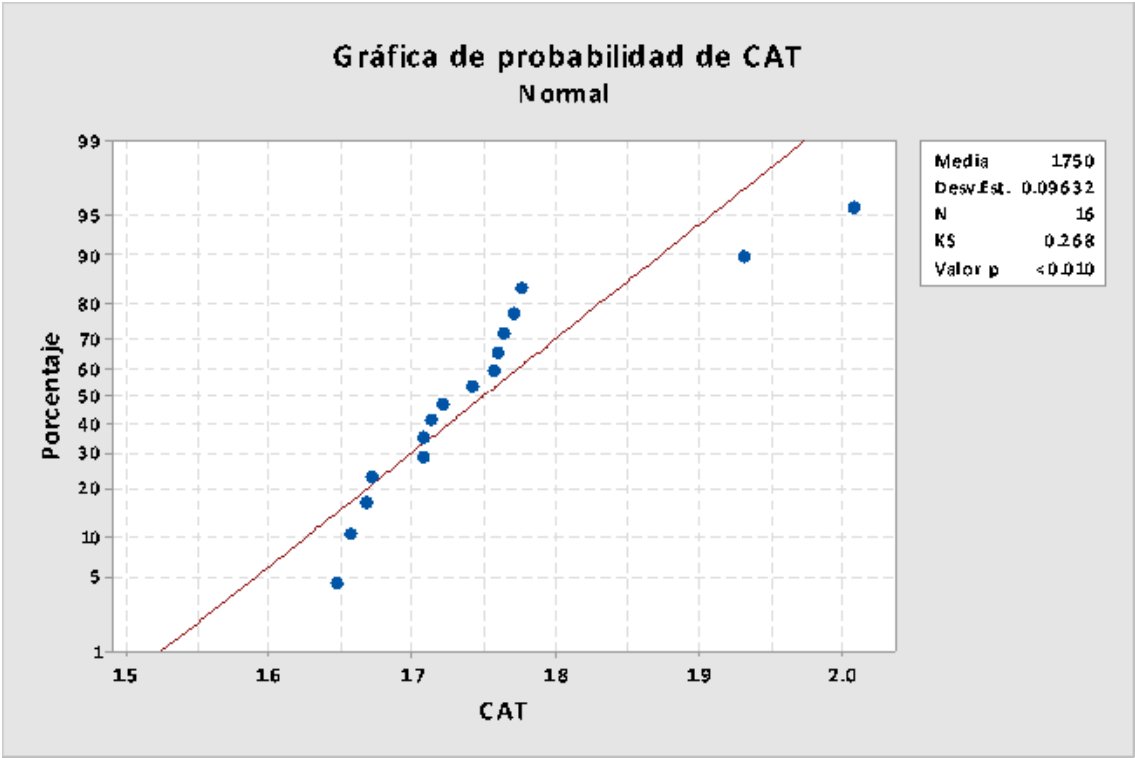


Tabla 15A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.010
Levene	5.05	0.017

Tabla 16A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.584
Levene	1.09	0.390

Tabla 17A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Crecimiento (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.141
Levene	1.26	0.332

Tabla 18A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Engorde (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.632
Levene	1.11	0.384

Tabla 19A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia en el Acabado (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.029
Levene	3.01	0.072

Tabla 20A. Determinación de homocedasticidad con la conversión alimenticia acumulada (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.005
Levene	33.26	0.000

Tabla 21A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Pre-Inicio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.008430	0.002810	1.65	0.229
Error	12	0.020381	0.001698		
Total	15	0.028811			

Tabla 22A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Inicio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.001546	0.000515	3.26	0.059
Error	12	0.001895	0.000158		
Total	15	0.003441			

Tabla 23A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Crecimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.02881	0.009602	0.40	0.757
Error	12	0.29001	0.024167		
Total	15	0.31881			

Tabla 24A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Engorde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.03988	0.013294	1.49	0.268
Error	12	0.10740	0.008950		
Total	15	0.14728			

Tabla 25A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia en el Acabado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	1.288	0.4292	1.14	0.371
Error	12	4.508	0.3756		
Total	15	5.795			

Tabla 26A. Análisis de la varianza con la conversión alimenticia acumulada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.02955	0.009849	1.08	0.395
Error	12	0.10963	0.009136		
Total	15	0.13917			

Figura 14A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Pre-Inicio

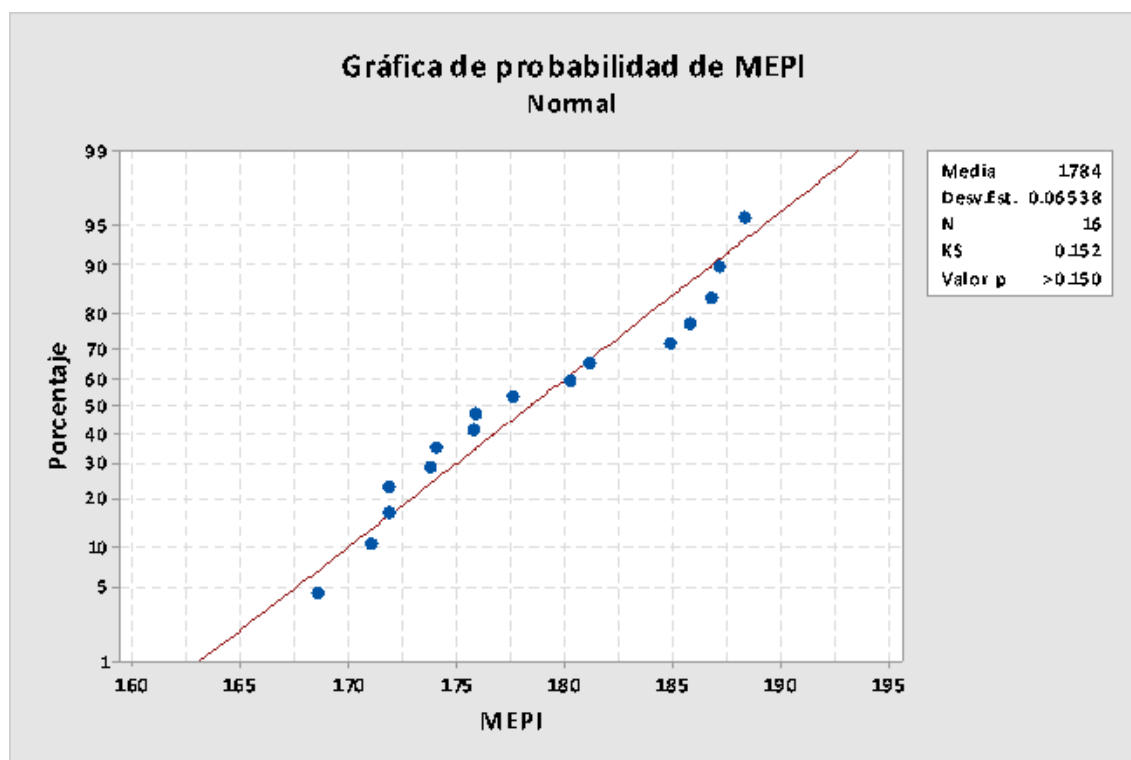


Figura 15A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Inicio

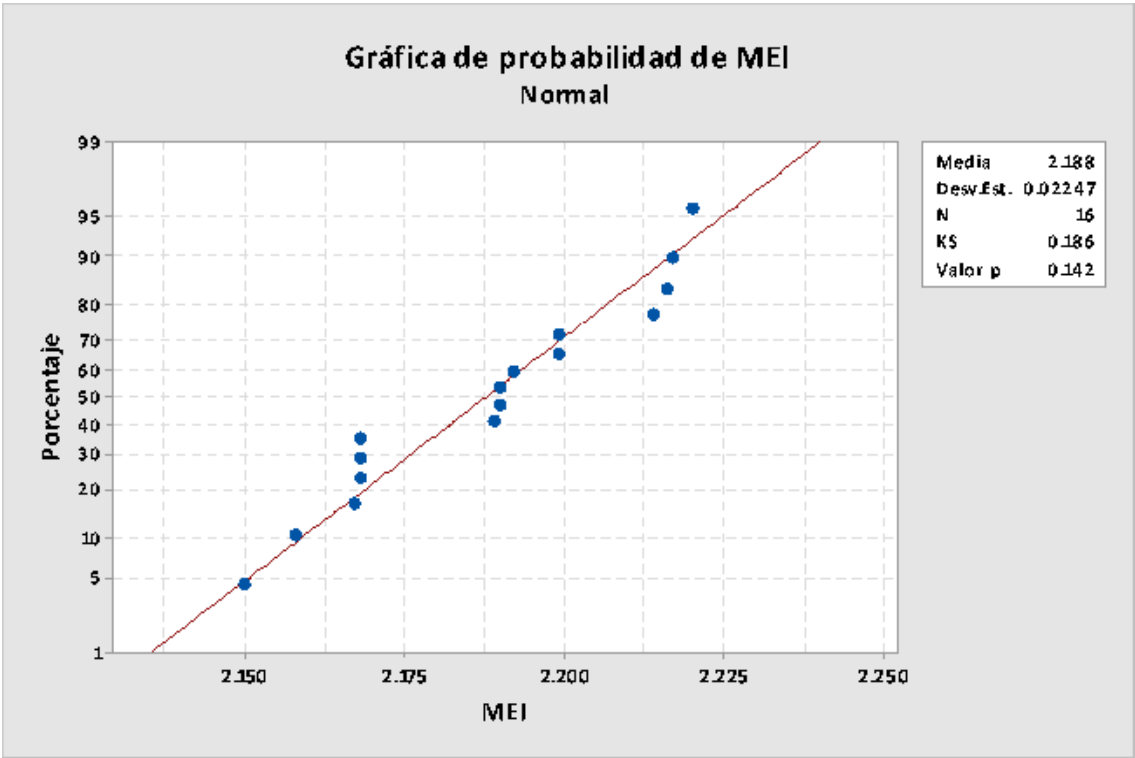


Figura 16A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Crecimiento

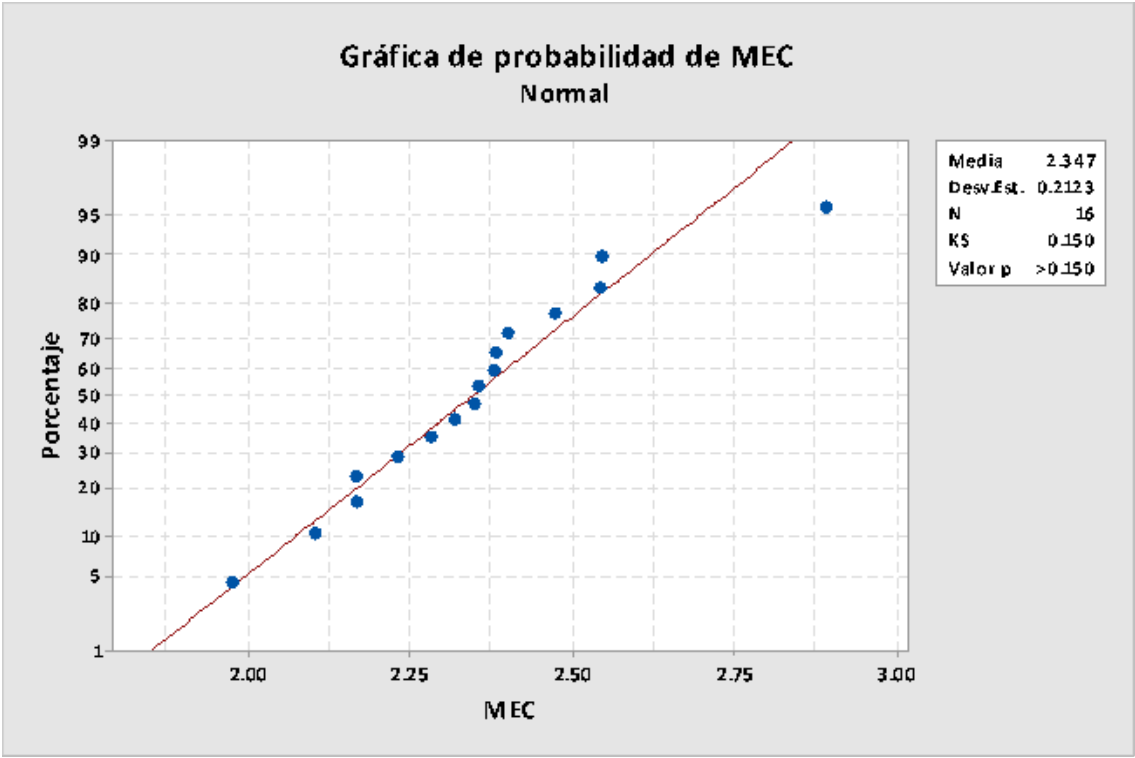


Figura 17A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Engorde

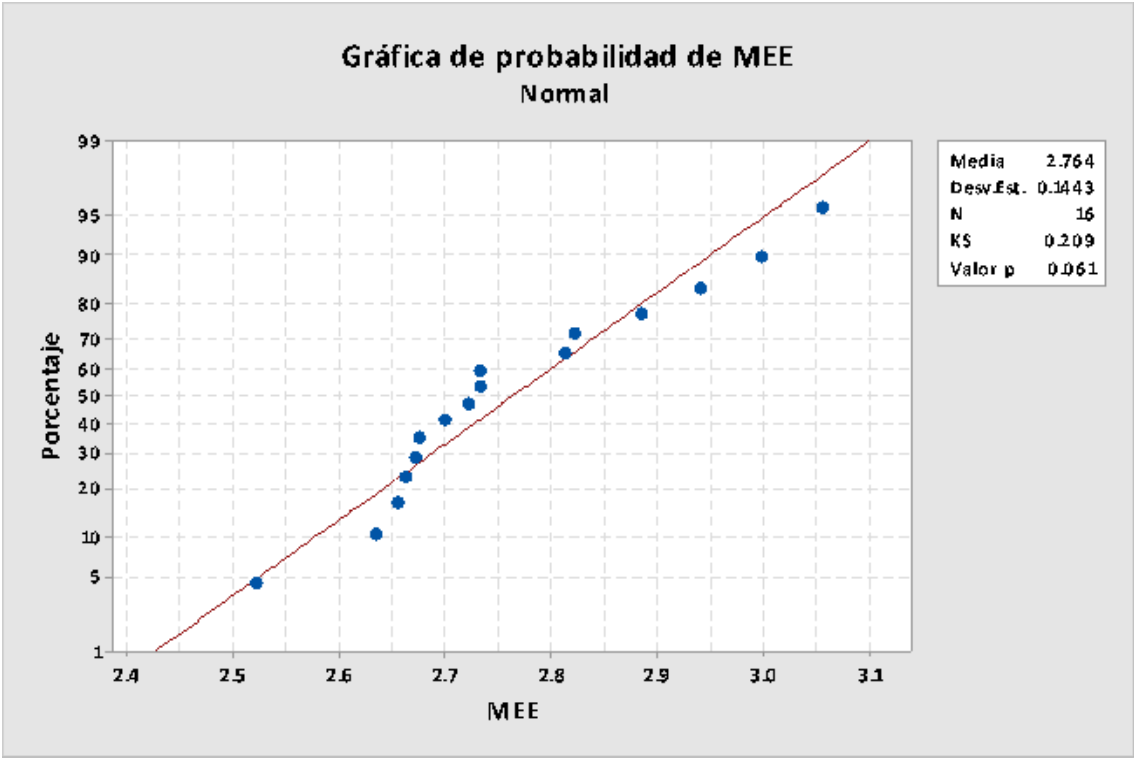


Figura 18A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico en el Acabado

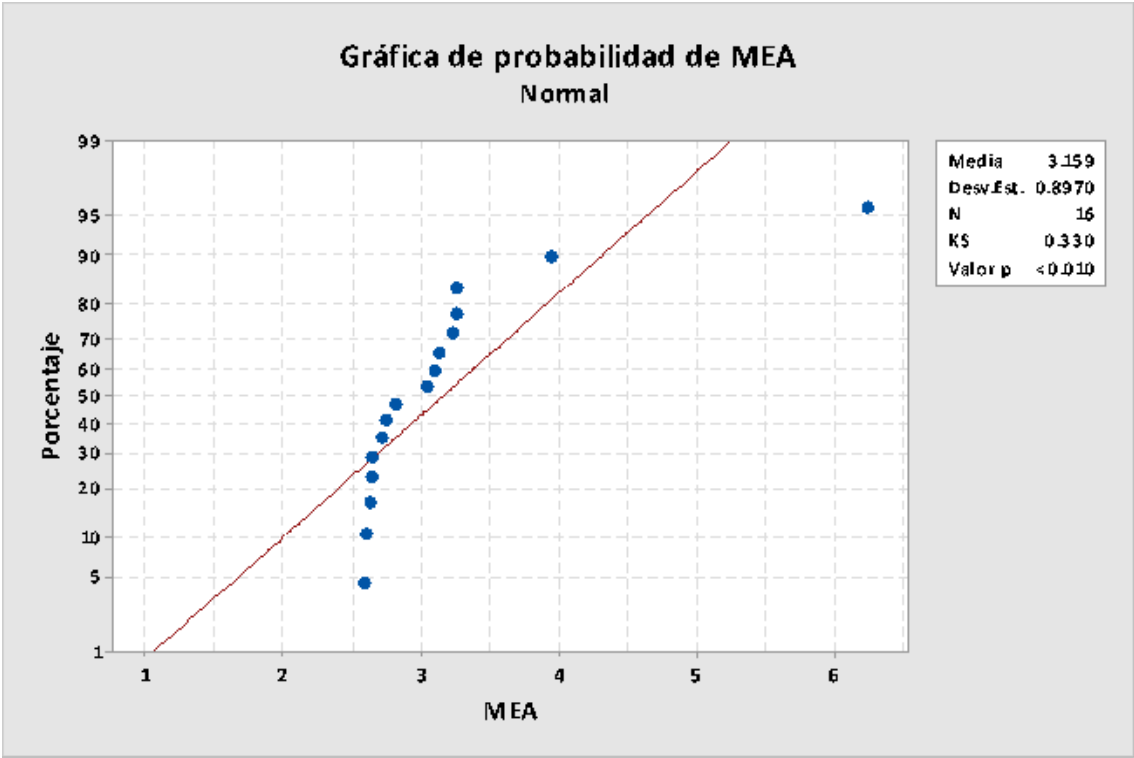


Figura 19A. Determinación de normalidad (K-S) con el mérito económico acumulado

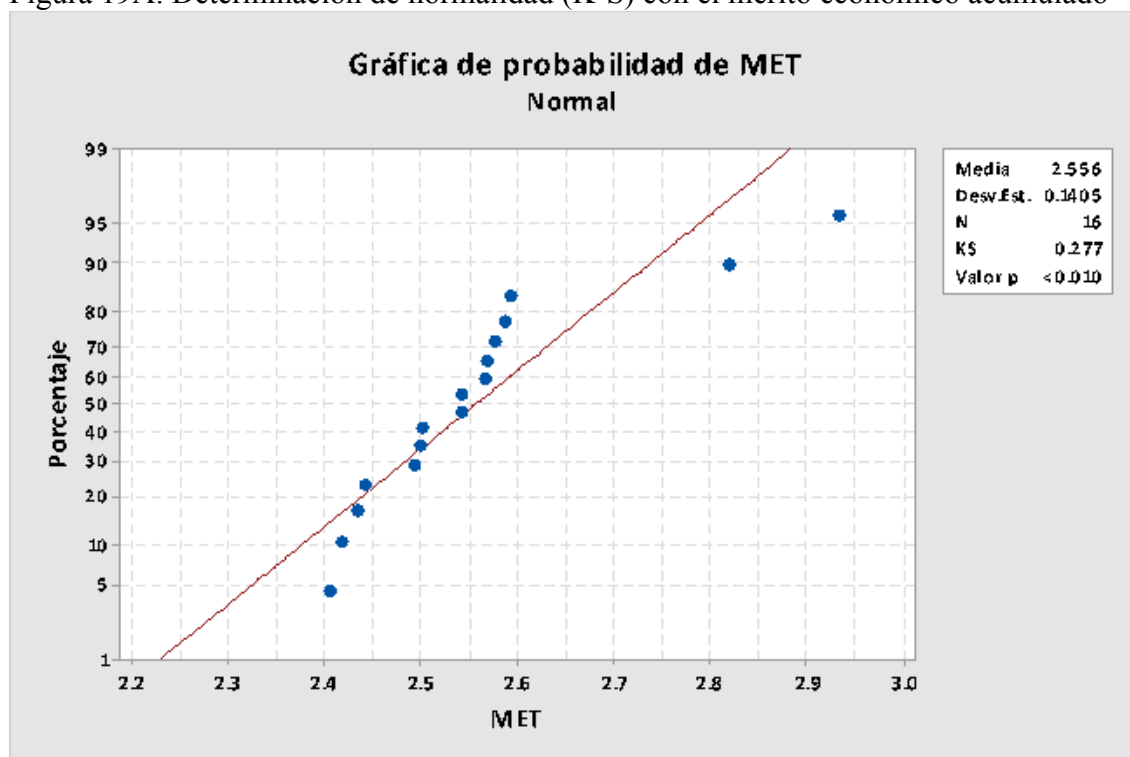


Tabla 27A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Pre-Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.010
Levene	5.09	0.017

Tabla 28A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Inicio (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.563
Levene	1.09	0.389

Tabla 29A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Crecimiento (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.141
Levene	1.26	0.332

Tabla 30A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Engorde (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.631
Levene	1.11	0.382

Tabla 31A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico en el Acabado (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.029
Levene	3.01	0.072

Tabla 32A. Determinación de homocedasticidad con el mérito económico acumulado (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.007
Levene	30.60	0.000

Tabla 33A. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Pre-Inicio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.01867	0.006223	1.64	0.232
Error	12	0.04546	0.003788		
Total	15	0.06413			

Tabla 34A. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Inicio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.003418	0.001139	3.29	0.058
Error	12	0.004158	0.000347		
Total	15	0.007576			

Tabla 35A. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Crecimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.06102	0.02034	0.40	0.758
Error	12	0.61515	0.05126		
Total	15	0.67617			

Tabla 36A. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Engorde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.08450	0.02817	1.48	0.269
Error	12	0.22803	0.01900		
Total	15	0.31253			

Tabla 37A. Análisis de la varianza con el mérito económico en el Acabado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	2.682	0.8940	1.14	0.371
Error	12	9.386	0.7822		
Total	15	12.068			

Tabla 38A. Análisis de la varianza con el mérito económico acumulado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.06236	0.02079	1.07	0.399
Error	12	0.23371	0.01948		
Total	15	0.29607			

Figura 20A. Determinación de normalidad (K-S) con el peso de carcasa

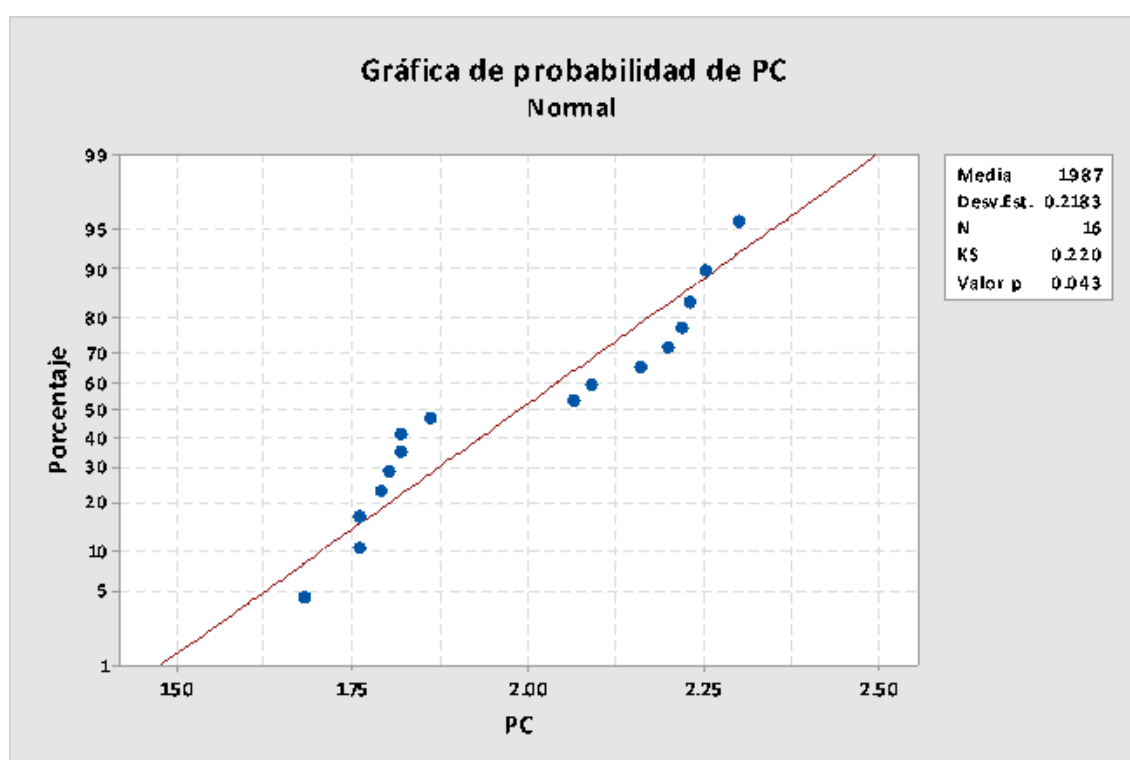


Figura 21A. Determinación de normalidad (K-S) con el rendimiento de carcasa

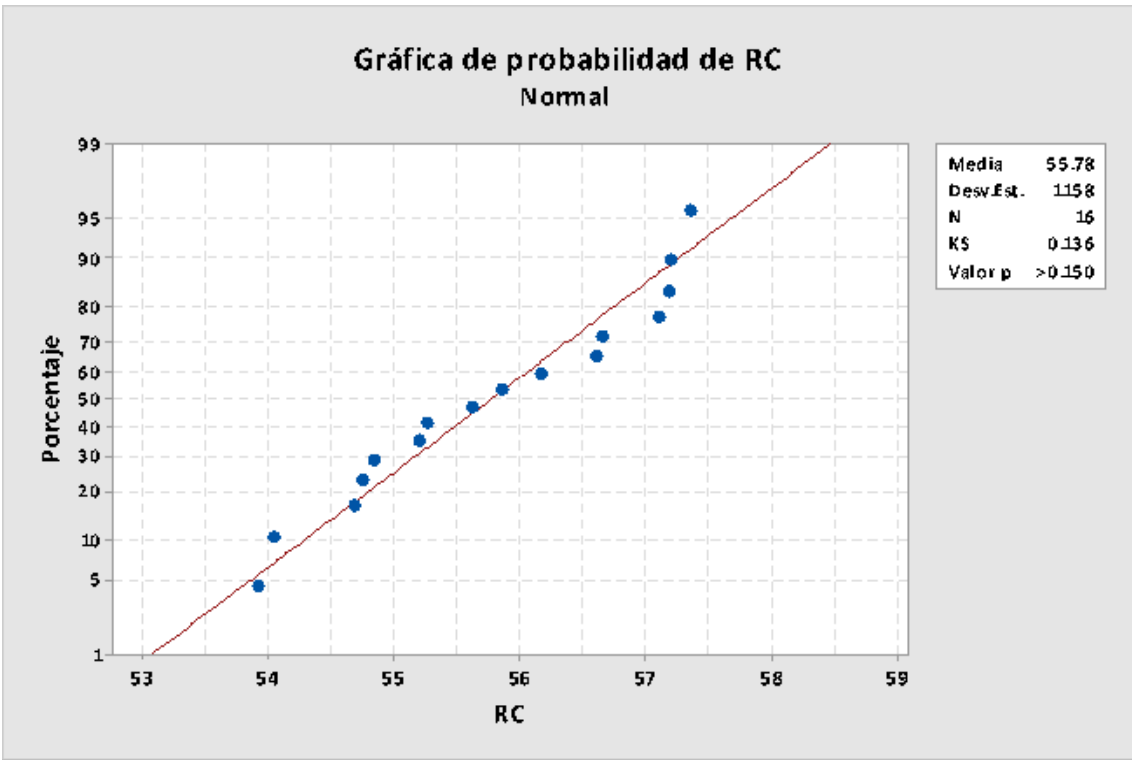


Tabla 39 A. Determinación de homocedasticidad con el peso de carcasa (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.428
Levene	7.31	0.005

Tabla 40A. Determinación de homocedasticidad con el rendimiento de carcasa (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.738
Levene	0.23	0.876

Tabla 41A. Análisis de varianza con el peso de carcasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	0.01814	0.006046	0.10	0.956
Error	12	0.69688	0.058074		
Total	15	0.71502			

Tabla 42A. Análisis de varianza con el rendimiento de carcasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	15.357	5.1189	12.95	0.000
Error	12	4.742	0.3951		
Total	15	20.098			

Figura 22A. Determinación de normalidad (K-S) con el grado de aceptación de la carne

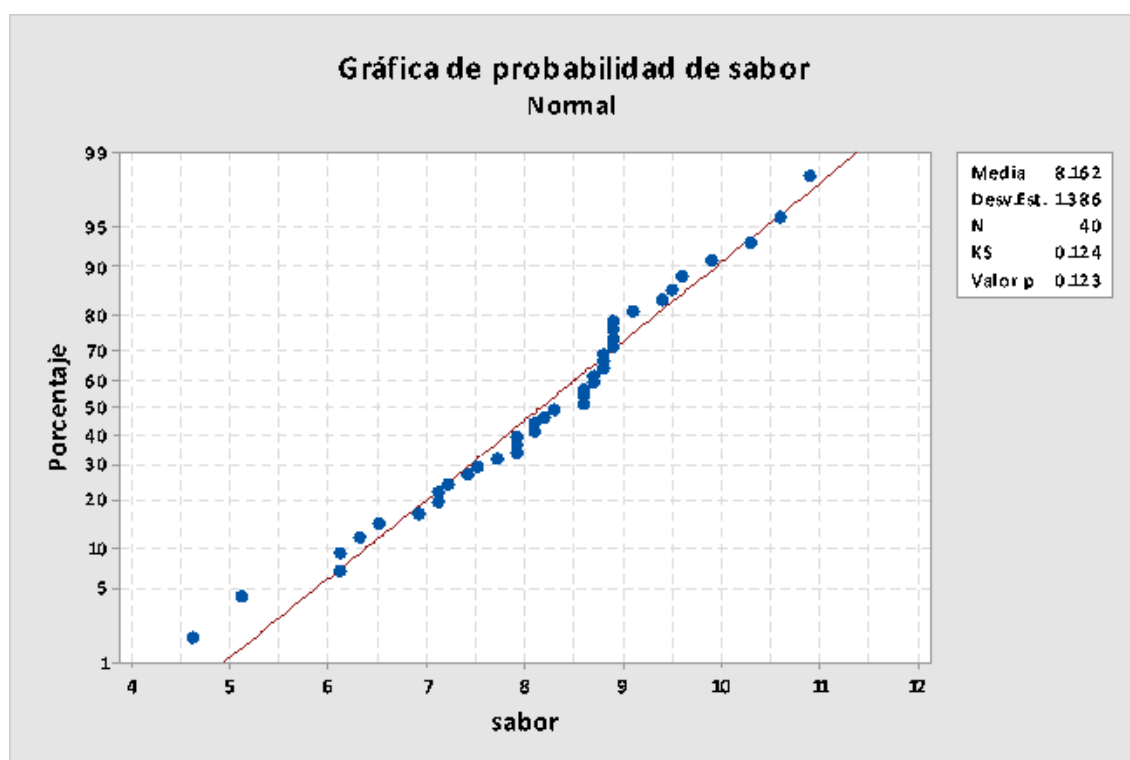


Tabla 43A. Determinación de homocedasticidad con el grado de aceptación de la carne (Levene)

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.031
Levene	1.69	0.187

Tabla 44A. Análisis de varianza con el grado de aceptación de la carne

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	3	9.895	3.298	1.83	0.160
Error	36	64.999	1.806		
Total	39	74.894			